



UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie
Laboratoire des Produits Naturels LAPRONA



Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master
En sciences des aliments

Présenté par :

M^{elle} Ouari Esma

Thème

**Contribution à l'étude physico-chimique et
microbiologique d'un type de fromage
fondu**

Présenté le 22 juin devant le jury composé de :

Présidente M^{me} BELARBI.M	Professeur au département de Biologie
Examinatrice M^{elle}GHANEMI.F	MAA au département d'agronomie
Encadreur M^r BENAMMAR.C	MCA au département de Biologie

Année Universitaire : 2016-2017

Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

En second lieu, je tiens à remercier notre encadreur Mr : D BENNAMAR .C, pour son encadrement, ses conseils et son aide précieux et constant qu'il m'a apporté tout au long de ce travail, ainsi que pour les remarques constructives qu'il m'a donné lors de la rédaction de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury D'BELARBI MERIEM et GHANEMI FATMA pour l'intérêt qu'ils ont porté à mes recherche en acceptant d'examiner mon travail Et de l'enrichir par leurs propositions J'adresse mes plus sincère remerciement à tous les enseignants de département de biologie qui, par leur enseignement, ont contribué à ma formation durant tout mon cursus universitaire.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

En particulier M. Brixi Nabil, M Masli, et le directeur du centre vétérinaire Nemeen D'Bendimerad Chayeb

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Naima le symbole de tendresse,

A mon père Abdelhak, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager ; a me donner de l'aide et a me protéger . Que dieu le garde et le protège,

Aucune dédicace ne saurait exprimer ma grande admiration, ma considération et ma sincère affection pour vous deux.

A mes grand-mères

A mes sœur Firdaousse ,Hadjira et son mari Hicham

Mon neveu adoré Asyl

Ma petite nièce Pomaria

A mon frère Youssef

A la mémoire de mon oncle qui me manque beaucoup Abderezak

A mes chères cousines Ikram et Nedjlaa

OUARI ESMA



Résumé :

Les laits ainsi que ses dérivés tel que les fromages sont des produits facilement périssables et fortement pollués, révélant des pratiques d'hygiène douteuses, que même des conditions de réfrigération optimales , ne peuvent, en aucun cas, masquer. Outre, les problèmes rencontrés lors de leur procédé de fabrication ou susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine lors de la mise sur le marché.

Dans ce cadre nous avons contrôlé la qualité d'une marque de fromage commercialisé en Algérie du type fromage

Nous avons fait une analyse microbiologique en recherchant les différents micro-organisme Coliforme Totaux ,Coliforme Fécaux, Staphylococcus Aureux et une analyse physico-chimique ,durant laquelle nous avons remarqué une absence total des germe et aussi des valeurs de pH=6.41 avec une matière grasse de 14% et un extrait sec de 54.96%

De ce fait nous pouvons conclure que notre produit est conforme au norme spécifique a ces derniers

Si notre produit est haute qualité ,cela est du aux procédés stricts et professionnels appliqués sur tous les niveaux de la chaine de fabrication,et aux conditions d'hygiènes respectées

Mots clés : lait, fromage fondu, contrôle de la qualité, microbiologique, physico-chimique, les coliformes, les staphylococcus.

Summary:

Milk and its derivatives such as cheeses are easily perishable and heavily polluted products, which reveal questionable hygiene practices, which even under optimum conditions of refrigeration can not conceal. In addition, problems encountered during their manufacturing process or likely to present a risk to human health when placed on the market.

In this context, we checked the quality of a brand of cheese marketed in Algeria of the melted cheese type by assessing the microbiological presence of certain germs such as coliforms and staphylococcus according to interministerial decree n ° 35 of 24/01 / 1998 and carrying out the physicochemical analysis of this meat product according to the interministerial decree n ° 54 of 24/07/2000 of this evaluation, a conformity was found by contribution to the standards from which the good quality of this product melted cheese.

If our product is of high quality, this is due to the strict and professional processes applied at all levels of the production line, and to the hygiene conditions respected.

Key words: milk, cheese melted, quality control, microbiological, physico-chemical, coliform, staphylococcus.

ملخص :

الحليب ومشتقاته مثل الجبن من المنتجات القابلة للتلف وشديدة التلوث، وكشف الممارسات الصحية مشكوك فيها، أن ظروف التبريد حتى المثلي، لا يمكن، في أي حال، يخفي. وبالإضافة إلى ذلك، واجهت مشاكل أثناء عملية الإنتاج أو التي قد تشكل خطرا على صحة الإنسان في التسويق.

وفي هذا السياق فإننا سيطر على جودة أي نوع من الجبن تسويقها في الجبن نوع الجزائر تقييم وجود الميكروبيولوجي لبعض البكتيريا مثل (القولونية، المكورات العنقودية) وفقا لقرار الوزاري رقم 35 لسنة 01/24 / 1998 وتحقيق التحليل الفيزيائي والكيميائي للمنتجات اللحوم وفقا لقرار الوزاري رقم 54 ل2000/07/24 من هذا التقييم، كان هناك مساهمة من الامتثال للمعايير حيث نوعية هذا الجبن المطبوخ.

إذا كان المنتج لدينا هي ذات جودة عالية، ويرجع ذلك إلى عمليات صارمة والمهنية المطبقة على جميع المستويات من سلسلة الإنتاج، وظروف صحية التقى هذا.

كلمات البحث: الحليب والجبن ومراقبة الجودة، والميكروبيولوجية والفيزيائية والكيميائية، القولونية، المكورات العنقودية.

Table de matière :

Introduction générale.....	1
Conclusion général.....	
Chapitre I : Synthèse et bibliographie	
Première partie : LE LAIT (La matière première de la fabrication fromagère).....	3
I.1. Définition	3
I.1.1. Définition alimentaire	3
I.1.2. Définition réglementaire	3
I.2. Composition chimique du lait.....	3
I.2.1. L'eau	4
I.2.2. La matière grasse	4
I.2.3. Les glucides du lait.....	5
I.2.4. Les minéraux du lait.....	5
I.2.5. La matière azotée du lait.....	6
I.2.6. Les vitamines du lait	7
I.2.7. Les enzymes du lait.....	8
I.3. Facteurs de variation de la composition du lait	9
I.3.1. Variation au stade de l'animal.....	9
I.3.2. Variation au stade du traitement de lait.....	10
I.4. Propriétés des principaux nutriments du lait	10
I.5. Produits laitiers	11
I.5.1. Crèmes de consommation.....	11
I.5.2. Crèmes glacées, glaces et sorbets.....	12
I.5.3. Beurre (industrie beurrière)	12

I.5.4. Fromage (industrie fromagère).....	12
Deuxième partie : fromage produit fini	13
II. Le fromage	13
II.1. Définition du fromage	13
II.2. Constituants du fromage	14
II.2.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaires	14
II.2.2. Matière grasse.....	14
II.2.3. Les protéines	15
II.2.4. Les glucides	16
II.2.5. Les minéraux	16
II.2.5.1. Sodium	16
II.2.5.2. Calcium et phosphore	16
II.2.5.3. Oligoéléments.....	17
II.3. Transformation du lait en fromage.....	17
II.3.1. Coagulation du lait	18
II.3.1.1. Coagulation par voie acide.....	18
II.3.1.2. Coagulation par voie enzymatique.....	19
II.3.2. L'égouttage	19
II.3.3. Le salage	20
II.3.4. L'affinage	21
II.4. Technologie fromagère	22
II.4.1. Voie technologie.....	22
II.4.2. Classification des fromages.....	22
II.5. Caractéristiques physicochimiques des différentes classes de fromages.....	23
II.6. Microbiologie du fromage.....	23
II.7. Les grandes familles de fromage.....	24

II.7.1. Fromages frais.....	25
II.7.2. Fromages à pâte pressée.....	25
II.7.2.1. Les pâtes pressées non cuites.....	25
II.7.2.2. Les pâtes pressées cuites.....	26
II.7.3. Fromages à pâtes dures.....	26
II.7.4. Fromages à pâtes filées.....	26
II.7.5. Fromages à pâtes molle, à croûte lavée ou fleurie.....	27
II.7.5.1. Fromages à pâtes molle, à croûte fleurie.....	27
II.7.5.2. Fromages à pâtes molle, à croûte lavée.....	28
II.7.6. Fromages fondus.....	28
Troisième partie : Fromage fondu.....	29
III.1. Aperçu historique et économique du fromage fondu dans le monde et en Algérie..	29
III.1.1. Aperçu historique	29
III.1.2. Importance économique du fromage fondu dans le monde	30
III.1.3. Importance économique du fromage fondu en Algérie.....	30
III.2. Caractéristiques et valeur nutritionnelle.....	31
III.2. 1. Définition.....	31
III.2.2. Classification.....	31
III.2.3. Valeur nutritionnelle.....	32
III.3. Matières premières de la technologie de la spécialité Fromagère « fromage fondu ».	33
III.3.1. Matières premières laitières.....	33
III.3.1.1. Les fromages naturels.....	33
III.3.1.2. Autres matières premières laitières.....	34
III.3.1.3. Préfonte.....	34
III.4. Technologie de la fonte.....	35

III.4.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité.....	35
III.4.2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages.....	35
III.4.3. Préparation de la formule et procédé technologique.....	35
III.4.3.1. Fonte proprement dite.....	36
III.4.3.2. Homogénéisation.....	38
III.4.3.3. Conditionnement.....	38
III.4.3.4. Refroidissement.....	38
III.4.3.5. Stockage du produit fini.....	39
III.4.5. Facteurs favorisant la fonte.....	40
III.4.5.1. Effet de l’affinage du fromage.....	40
III.4.5.2. Effet du Ph.....	40
III.4.5.3. Effet des sels de fonte.....	40
III.4.5.4. Effet de la préfonte.....	41
III.4.6. Phénomènes biochimiques de la fonte.....	41
III.4.6.1. Peptisation.....	41
III.4.6.2. Crémage –phase de restructuration.....	41
III.4.6.3. Refroidissement.....	42
III.5.1. Qualité de la matière première.....	43
III.5.2. Qualité au cours de fabrication.....	43
III.5.3. Qualité du produit fini.....	43

Chapitre II : expérimentation et discussions des résultats

Première partie : Première partie : Analyse Bactériologique / Microbiologique du « Fromage fondu »45

I. Matériels et méthode	46
II. L'échantillonnage	47

III. Les germes recherchés pour cette denrée et leurs dénombrements.....	48
III.1. Dénombrement des Coliformes totaux	48
III.1.1. Rappel.....	48
III.1.2. Principe	48
III.1.3. Mode opératoire	48
III.1.4. Sélection et numération des colonies.....	49
III.2. Dénombrement des Coliformes fécaux	49
III.2.1. Rappel.....	49
III.2.2. Principe.....	49
III.2.3. Mode opératoire	49
III.2.4. Sélection et numération des colonies.....	50
III.3. Dénombrement des Staphylococcus aureus	50
III.3.1. Rappel	50
III.3.2. Principe.....	51
III.3.3. Mode opératoire	51
III.3.4. Sélection et numération des colonies.....	51
Deuxième partie : Analyse physico-chimique de la «fromage fondu	52
I. Détermination de l'extrait sec (NT 14. 110 (1987)).....	53
II. Détermination de la teneur en matière grasse	53
II.1. Principe.....	53
II.2. Mode opératoire.....	53
II.3. Expression des résultats.....	54
III. Détermination de pH.....	54
III.1. Définition.....	54
III.2. Mode opératoire	55

Troisième partie : Résultats obtenues de l'analyse microbiologique et physico-chimique du « Fromage fondu »55

I. Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du « Fromage fondu »55

II. Résultats obtenues de l'analyse physico-chimique du « fromage fondu »55

II.1. Résultat de la teneur en extrait sec du « fromage fondu ».....55

II.2. Résultat de la teneur en matière grasse du « fromage fondu ».....56

II.3. Résultat du rapport matière grasse et extrait sec du « fromage fondu ».....57

II.4. Résultat de la mesure du PH du « fromage fondu ».....57

Quatrième partie : Discussion des résultats obtenues de l'analyse microbiologique et physico-chimique de « fromage fondu »58

I. Discussion de l'analyse microbiologique de « fromage fondu »58

II. Discussion de l'analyse physico-chimique de « fromage fondu »58

Table des figures :

Figure1 : Principales voies de fabrication du fromage fondu	37
Figure 2: Principe du traitement de stérilisation UHT directe : upérisation	38
Figure3 : Influence de la concentration des sels de fonte sur le pourcentage de NNS (300 000trs/h à 20°C)	42
Figure4 : Représentation schématique des phénomènes biochimiques de la fonte	43

Table des tableaux :

Tableau 1 : Composition chimique moyenne du lait de vache	4
Tableau 2 : Teneurs des différents minéraux dans le Lait.....	6
Tableau 3 : Composition vitaminique moyenne du lait	7
Tableau 4 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait	8
Tableau 5 : Variation de la composition du lait en fonction de l'espèce.....	9
Tableau 6 : Composition de lait de différentes espèces.....	10
Tableau 7: Propriétés des principaux nutriments du lait	11
Tableau 8 : Teneur en eau des fromages	15
Tableau 9: Teneur lipidique pour 100 g de fromage fromages	15
Tableau 10: Teneur protéique des fromages	16
Tableau 11: Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages.....	17
Tableau 12 : Caractéristiques des classes de fromage	23
Tableau 13 : Caractérisation de différentes catégories de fromages par effet de pH et Aw.	
Tableau 14: Critères microbiologiques des fromages en fonction des germes	23
Tableau 15 : Production mondiale de la spécialité fromagère entre 1995 et 2000 (en milliers de tonnes	31
Tableau 16 : Evolution des importations des fromages en Algérie entre 1995 et 1998 (en tonnes)	31
Tableau 17: Classification des fromages fondus	32
Tableau 18 . Composition du fromage fondu	33
Tableau 19 : Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager..	41
Tableau 20 : Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du « Fromage fondu ».....	53
Tableau 21 : résultats du rapport G/S.....	55

Abréviation et Acronyme :

TB	Taux Butyreux en g/Kg
ANP	Apport Non Protéique
NSLAB	Non-starter lactic acid bacteria
DFI	Département Fédéral de l'Intérieur
PPNC	Pate Pressé Non Cuite
NNS	Azote non sédimentable
HTST	High Temperature Short Time
UHT	Ultra High Temperature
pH	Potentiel d'hydrogène
Aw	Activité de l'eau
MTL	Méthanethiol
Ca	Calcium
NaCl	Chlorure de sodium
NH3	Ammoniac
CO₂	Dioxyde de carbone
H₂O	Eau
Kg	kilogramme
t	tonne
g	gramme
l	litre
ml	millilitre
mm	millimètre
h	heur
trs	Tours
H	Biotine
°C	Degré Celsius

T°	Température
VRBL	Violet Red Bile Lactose Agar
EPT	Eau Peptonée Tamponnée
MG	Matière Grasse
ES	Extrait Sec
EST	Extrait Sec Total
ESD	Extrait Sec Dégraissé

Références bibliographiques :

ALAIS C. et LINDEN G. 1997. Abrégé de biochimie alimentaire. 4ième éd. , Masson, 248p.

AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H. 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).

BEGUERIA C. 1999. Process for the manufacture of cheese products by processing of a cheese raw material. Eur. Pat. Appl. FR2 750 015 A1.

BENNETT R.J. et JOHNSTON K.A. 2004. General Aspects of Cheese Technology. Pp 23-50. In Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major Cheese Groups. Third edition, Ed. P.F. FOX, P.L.H. MCSWEENEY, T M. COGAN and T.P. GUINEE. AMSTERDAM. 434p.

BERGER W., KLOSTERMEYER H., MERKENICH K., UHLMANN G. 1993. Processed cheese manufacture. Ladenburg : BK Ladenburg GmbH.

BLANC B. 1982. Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. International dairy journal, 62. pp :350-395

BOUTONNIER JL. 2008. Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.

BOUTONNIER J.L. 2002. Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.

BOWLAND E.L. et FOEGEDING E.A. 2001. Small strain oscillatory shear and microstructural analyses of a model processed cheese. Journal of Dairy Science, vol. 84, p. 2372–2380.

BRULE G. 1987. Les minéraux. Le lait matière de l'industrie laitière. Cepil-INRA, Paris. 87-98.

CAROLE L. VIGNOLA. 2002. Science et Technologie du lait. 598p.

CARON A., ST-GELAIS D. et POULIOT Y. 1997. « Coagulation of milk enriched with ultrafiltered or diafiltered, microfiltered milkretentate powders», *International Dairy journal*, **7** (6-7): 445-451.

CARIC M. et KALÁB M., 1993. Processed cheese products. *Cheese : Chemistry, Physics and Microbiology*, vol. 2, Major Cheese Groups, 2nd ed, , ed., Chapman & Hall, London, p. 467–505.

CARIĆ M. 2000. Processed cheese. *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd ed, ed., John Wiley and Sons, New York. p. 1973–1987.

CAVALIER-SALOU C., CHEFTEL J.C. 1991. Emulsifying salts influence on characteristics of cheese analogs from calcium caseinate. *Journal of Food Science*, vol. 56, p. 1542–1551.

C.C.A. (Commission codex alimentarius), 2004. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur le lait et les produits laitiers. Sixième Session, Auckland Nouvelle-Zélande. Avant-projet de norme pour le fromage fondu observations à l'étape 3, 3 p.

C.D.L.C. 1988. FRANCE. Décret N° 88-1206 du 30 décembre 1988. *Code de la consommation*.

C.E.L.P.C 2000. CENTRE D'ENSEIGNEMENT LAITIER PAR CORRESPONDANCE. - Qu'est ce que le lait ? Ecole Nationale d'Industrie Laitière et des Industries Agro-Alimentaires. Surgères: 99-2000. 61p.

CHAMBRE M., DAURELLES J. 1997. Le fromage fondu. *Le fromage*. Ed. Lavoisier, p. 691-708.

CHOISY C., DESMAEAUD M., GUEGUEN M., LENOIR J., SCHMIDT J., et TOURNEUR C. 1997. Les phénomènes microbiens, Dans Le fromage, 3ème ed., Tec et Doc. Lavoisier. pp 377.

CHOISY C., DESMAZEAUD M., GRIPON J.C., LAMBER G., et LENOIR J. 1997 (b). Biochimie de l'affinage. Dans Le fromage, 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier. pp 89.

CHRISTENSEN J., POVLSEN V.T., SØRENSEN J. 2003. Application of fluorescence spectroscopy and chemometrics in the evaluation of processed cheese during storage. J. Dairy Sci. vol. 86, p. 1101–1107.

DAVIAU C.M.H. FAMELART A. PIERRE H. GOUDEDRANCHE J.L. MAUBOIS. 2000. Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment, Lait, **80** (4): 397-415.

DAVID V. et FORTE R. 1998. *Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière.* 2e éd. Paris : Institut de l'élevage, 1998. Fiche I, 15-19.

DEBRY G. 2001. Lait, nutrition et santé technique et documentation, lavoisier Paris. Denameur R, 1965 : The hypothalamo neuro physico-system and the milk ejection reflex.

D.F.I (Département Fédéral de l'Intérieur), 2009. Ordonnance sur les denrées alimentaires d'origine animale, 48 p.

DIMITRELI, G., THOMAREIS, A.S., SMITH, P.G. 2005. Effect of emulsifying salts on casein peptization and apparent viscosity of processed cheese. International Journal of Food Engineering, vol. 1, n. 4, p. 1–17.

ECK A. et GILLIS J.C. 1997. Le Fromage, De la science à l'assurance-qualité ; 3e éd-Paris, 891p.

ECKNER K.F., DUSTMAN W.A., RYS-RODRIGUEZ A.A. 1994. Contribution of composition, physicochemical characteristics and polyphosphates to the microbial safety of pasteurized cheese spreads. *Journal of Food Protein*, vol. 57, p. 295–300.

ÉTIENNE K-M. 1992. Dénaturation thermique et gélification des protéines de lactosérum en solution modèle et dans un aliment complexe, le fromage fondu à tartiner : effets du NaCl, du lactose et du glycérol. Thèse de doctorat, Université Laval Québec, 138 p.

EVETTE J.L. 1975. La fromagerie.- Paris : Presses universitaires de France, 140 p.

FOX P.F., LAW J., MCSWEENEY P.L.H. and WALLACE J. 1993. Biochemistry of cheese ripening. Pp. 389-438. In *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, volume 1, General aspects, second edition. (Ed. P.F. FOX), Springer-Science+Business Media, B.V., 601p.

FOX P.F. et MCSWEENEY P.L.H. 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Ed. Thomson Science, Germany, 396 p.

FOX P.F., GUINEE T.P., COGAN T.M., MCSWEENEY P.L.H. 2000. Fundamentals of cheese science. Maryland : Aspen Publishers Inc. p. 429–451.

GOURSAUD J. 1985. Composition et propriétés physico-chimiques. *Laits et produits laitiers*. 1ère éd. Paris : Technique et documentation Lavoisier, 1985. Vol.1, Chap.1, 1-90.

GOURSAUD J. 1985. Composition et propriétés physico-chimiques. Dans *Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre*. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M.. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

GUEGUEN L. 1979. Apports minéraux par le lait et les produits laitiers *Cah natur Diet* : 3 : 213 – 217.

GUINEE T.P., CARIĆ M., KALÁB M. 2004. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*. Major Cheese Groups vol. 2, 3rd ed. Elsevier Applied Science Ltd, London, p. 349-394.

HUANG V.T., PANDA F.A., SMITH E.B. 2010. Cheese composition and related methods. United states patent, US 7807207 B2, 12 p.

JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G. 2008. Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17 (185 pages).

J.O.R.F (JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE), 2007. Décret n. 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères, 10 p.

KAUTTER D.A., LILLY T., LYNT R.K., SOLOMON H.M. 1979. Toxin by Clostridium botulinum in shelf-stable pasteurized process cheese spreads. Journal of Food Protein, vol. 42, p.784–786.

LE JAOUEN J.C. 1993. *Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière.* Paris,1è éd.: Institut de l'élevage.145-154. FRANCE. Ministère de l'agriculture et de la pêche. Arrêté ministériel du 30 mars 1994 : critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire les laits de consommation et les produits à base de lait lors de leur mise sur le marché. *Journal officiel* du 21 avril 1994, 5883.

LEE B.O., PAQUET D., ALAIS C. 1979. Etude biochimique de la fonte des fromages. Mesure de la peptisation.Université de Nancy, France, p. 589-596.

LEE B.O., PAQUET D., ALAIS C. 1986. Etude biochimique de la fonte des fromages. Effet du type de sels de fonte et de la nature de la matière protéique sur la peptisation. Utilisation d'un système modèle. *Le Lait*, vol. 66, n. 3, p. 257-267.

LUQUET F. M. 1985. Laits et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.

LUQUET F.M. 1990. Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.

MAFART P., COUVERT O., LEGUERINEL I. 2001. Sterilized processed cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 63, p. 51–56.

MALLAY A.M.N. 2012.Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache coagulé par la papaine naturelle. Mémoire de diplôme de master en qualité des aliments de l'homme ; Université CHEIKEN ANTA de Dakar, 31 pages.

MARCHESSEAU S., GASTALADI E., LAGAUE A., CUQ J.L. 1997. Influence of pH on protein interaction and microstructure of process cheese. Journal of Dairy Science, vol. 80, n. 8, p. 1483-1489.

MATHIEU J. 1999. Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

MEYER A. 1973. Processed Cheese Manufacture, Food Trade Press Ltd., London, 201 p.

MIETTON B.M., DESMAZEAUD H. ROISSART et WEBER. 1994. «Transformation du lait en fromage », Bactéries lactiques, vol.2, Chap.IV, 3è édition, Loriga, 133p.

MIETTON B. 1995. La typologie des fromages, Symposium organisé par la fondation des Gouverneurs et le centre de recherche et de développement sur les aliments d'agricultures et Agroalimentaire Canada, octobre, 245p.

NAKAJIMA L., KAWANISHI G., FURIUCHI E. 1975. Reactions of melting salts upon casein micelles and their effect on calcium, phosphorus and bound water. Agric. Biol. Chem., vol. 39, p. 979-987.

PADILLA M. et GHERSI G. 2001. Le marché international du lait et des produits laitiers. Options méditerranéennes, CIHEAM-IAM Montpellier, France, sér. B, n. 32, 15 p.

PAQUET D. 1988. Processed cheeses : physico-chemical aspects. Functional properties of food macromolecules. Ed. Les cahiers de l'ENSBANA. Paris: Technique & Documentation Lavoisier, p. 227-241.

PATART J.P. 1987. Les fromages fondus. Le fromage. Edition Lavoisier, p. 385-398.

POUGHEON S.2001. Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 34 (102 pages).

POUGHEON S .et GOURSAUD J. 2001. Le lait caractéristiques physicochimiques.Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

RAMET J.P. 1985. La fromagerie, les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection. Production et santé Animales. FAO, Rome, Italie.187p.

RAMET J.P. 1987. La préparation du caillée, 1- : La présure et les enzymes coagulantes. Dans Le fromage (Coord. ECK A.), Tec et Doc. Lavoisier, pp 101-107, 539 p.

RAMET J.P., 1997. La préparation du caillée, 1- : La présure et les enzymes coagulantes (p. 101-107). Dans Le fromage, 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier.

REMEUF F., COSSIN V., DERVIN C., TOMASSON R. 1991. Relation entre les paramètres physico-chimiques des laits et son aptitude fromagère. Lait 71, 397-421.

SCHÄFFER B., LŐRINCZY D., BELĂGYI J. 1999. Dsc and electronmicroscopic investigation of dispersion-type processed cheese made without peptisation. Journal of thermal analysis and colorimetry, vol. 56, p. 1211-1216.

ST-GELAIS D. TIRARD-COLLET P. 2002. Chapitre 6: Fromage; Vignola C, editor. Montréal: Presses internationales Polytechnique. 600 p.

TATSUMI K., OHABA S., NAKAJIMA L., SHINOHARA K., KAWANISHI G. 1975. The effect of emulsifying salts on the texture of processed cheese. III. The effect of emulsifying salts on the state of dispersion of casein. Journal of Agriculture Chemistry Soc. I pn., vol. 49, p. 481-489.

USDA (commodity requirements), 2007. PCD5 Pasteurized process American cheese for use in domestic programs, 9 p.

VIGNOLA C.L. 2002. Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34 (600 pages).

WALSTRA P. et JENNESS R., 1984. Dairy Chemistry and Physics, John Wiley & Sons, New York.

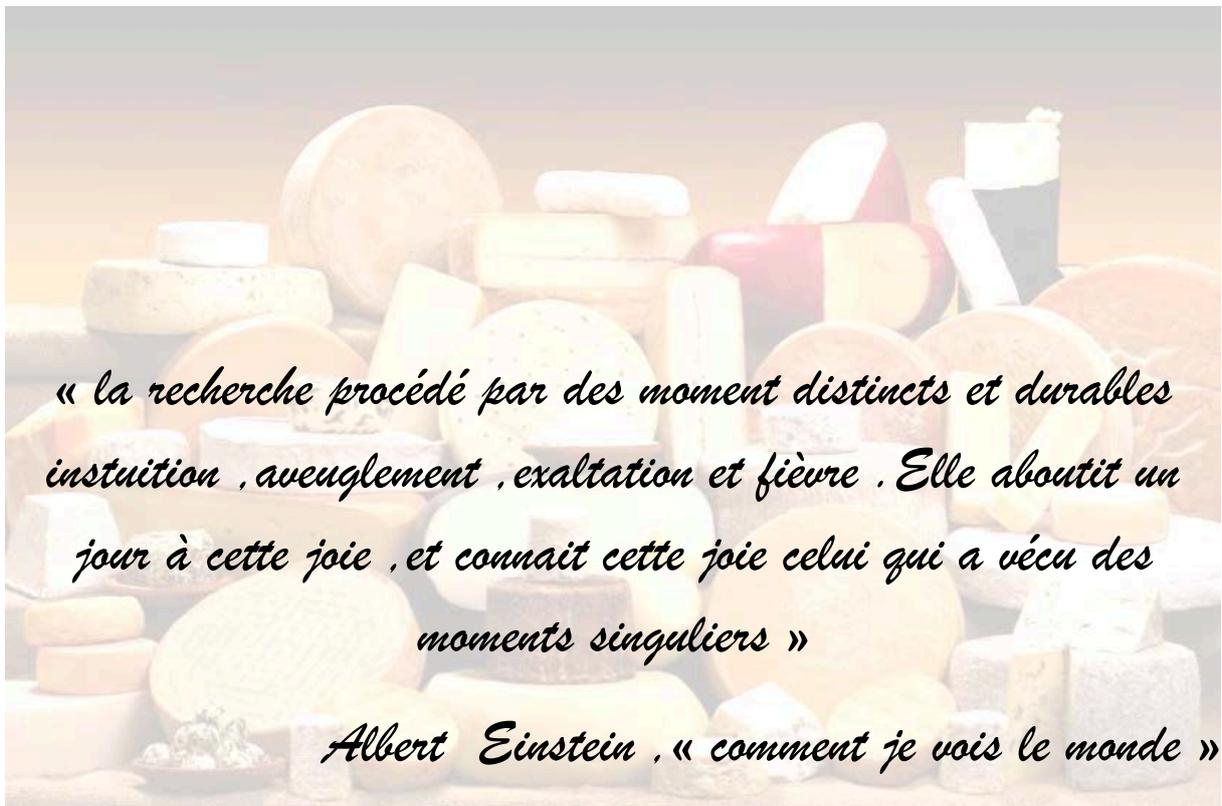
WARBURTON, D.W., PETERKIN, P.I. et WEISS, K.F. 1986. A survey of the microbiological quality of processed cheese products. Journal of Food Protein, vol. 49, p. 229–230.

ZEHREN V.L. et NUSBAUM D.D. 1992. Process Cheese. Cheese Reporter Publishing Company, Inc., Madison.

ZHANG D. et MAHONEY A.W. 1991. Iron fortification of process Cheddar cheese. Journal of Dairy Science, vol. 74, p. 353–358.

ZUBER F., MEGARD D. et CHEFTEL J.C. 1987. Continuous emulsification and gelation of dairy ingredients by HTST extrusion cooking, production of processed cheeses. Int. J. Food Sci. Technol. vol. 22, p. 607–626.

Introduction Générale



*« la recherche procédé par des moment distincts et durables
instuition , aveuglement , exaltation et fièvre . Elle aboutit un
jour à cette joie , et connait cette joie celui qui a vécu des
moments singuliers »*

Albert Einstein , « comment je vois le monde »



Introduction générale :

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine. C'est le résultat d'une transformation du lait très ancienne puisque des écrits témoignent de sa fabrication quelque trois mille ans avant notre ère en basse Mésopotamie. Source précieuse de protéines, le fromage a été l'un des premiers moyens de conservation du lait, matière première rapidement périssable. Les types de fromages ont rapidement gagné de l'intérêt du fait de leurs caractéristiques organoleptiques agréables, ils constituent ainsi une alternative intéressante à la consommation du lait, chacun ayant sa spécification. Ils varient par la nature du lait, par la teneur en matière grasse et par leur mode de préparation. Parmi les types de fromage qu'on peut trouver : les fromages frais, à pâtes pressées, à pâtes dures, à pâtes filées, les fromages à pâte molle, à croûte lavée ou fleurie, ainsi que les fromages fondus (**ACHEZEGAG F.Z. et all. 2008**).

Plusieurs procédés ont été développés afin de prolonger la durée de vie du fromage. Le fromage fondu est une préparation beaucoup plus récente, qui a permis une stabilisation bien plus poussée des protéines lactiques, tout en conservant plus ou moins au produit fini l'aspect d'un fromage (**ACHEZEGAG F.Z. et all. 2008**).

La qualité de la production fromagère repose essentiellement sur le contrôle des microorganismes en constante évolution tout au long des étapes de fabrication. Prendre connaissance des conditions de croissance de ces microorganismes et des risques qu'ils impliquent pour le consommateur, est capital pour mettre en place des mesures de prévention efficace (**ACHEZEGAG F.Z. et all. 2008**).

La présente étude s'inscrit dans ce cadre. Elle vise évaluer la qualité d'un fromage fondu, pour cela nous avons mené les actions suivantes :

- Dans le chapitre I, nous allons présenter une synthèse bibliographique sur les connaissances actuelles relatives du fromage fondu, mais en passant par certaines généralités du fromage ainsi que du lait matière première de fabrication du fromage.

- Dans un deuxième chapitre, nous allons faire une étude expérimentale comportant une analyse microbiologique pour le dénombrement des germes suivants :

Les coliformes totaux et fécaux;

Les staphylocoques aureus.

Suivi, d'une analyse physico-chimique pour la mesure de certaines teneurs qui sont :

Extrait sec ;

Matière grasse ;

PH.

Pour pouvoir en conclure notre travail avec des résultats qui nous amèneront à pouvoir juger la qualité nutritive et sanitaire de notre produit carné qu'est le « fromage fondu ».

Chapitre 1

« Synthèse Bibliographique »



Première partie : LE LAIT La matière première de la fabrication fromagère

I.1. Définitions

I.1.1. Définition alimentaire

Selon (**GOURSAUD J., 1985**), le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires de femelles mammifères telles que la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant. Ce dernier est un liquide de composition complexe, opaque blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon la teneur de la matière grasse en β carotènes. Il a une odeur peu marquée, mais caractéristique. Son goût, variable selon les espèces animales, est agréable et douceâtre.

I.1.2. Définition réglementaire

En 1909, le lait destiné à l'alimentation humaine a été défini par le Congrès International de la Répression des Fraudes, comme étant le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. (**GOURSAUD J., 1985**) Très tôt l'accent fut mis sur la qualité sanitaire du lait et l'état de bonne santé des animaux, comme en témoigne cette définition.

La réglementation européenne réserve la dénomination "lait" exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction. S'ils ne proviennent pas de l'espèce bovine, l'origine du lait et des produits laitiers doit être spécifiée : lait/fromage de chèvre, lait/fromage de brebis (**DAVID V. et FORTE R., 1998**).

I.2. Composition chimique du lait

L'aptitude d'un lait à la transformation fromagère est étroitement liée à la nature de ses constituants. Il faut noter l'importance de l'eau et la valeur modeste de la matière sèche totale. Plus cette dernière sera élevée, plus le lait sera riche et meilleur sera le rendement fromager. La composition chimique du lait de vache est présentée dans le tableau suivant :

Composants	g/l	Extrêmes
Eau	902	
Glucides lactose	49	40-60
Matière grasse	39	25-45
Lipides	38	
Phospholipides	0.5	
Composée liposolubles	0.5	
Matière azotée	33	25-45
Caséines	28	
Protéines solubles	4.7	
Azote non protéique	0.3	
Matière saline	9	7-10
Biocatalyseur s(vitamines,enzymes ..)	traces	
Gaz dissous	≤5% du volume	
Matière sèche totale	130	
Poids total	1032	

Tableau 1 : Composition chimique moyenne du lait de vache (**GOURSAUD J., 1985**)

I.2.1. L'eau

L'eau est le constituant le plus important en quantité du lait. Elle représente environ le 9/10 du produit, et conditionne l'état physique des autres constituants, en intervenant dans l'émulsion de la matière grasse et la dispersion des micelles de caséine lors de la transformation. 7ss5 à 90% de cette eau se retrouvent dans le lactosérum. De plus, l'eau intervient dans le développement bactérien et les altérations du lait (**AMIOT et coll., 2002**).

I.2.2. La matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (**LUQUET F.M., 1985**). Elle est sous forme de globules gras (visible au microscope optique) en émulsion dans la phase aqueuse du lait, et est constituée par 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires et 0,5% de substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (**GOURSAUD J., 1985**). Une émulsion est une dispersion de fines gouttelettes d'une substance liquide dans un autre liquide. Suivant la nature de la phase dispersée, on distingue les émulsions de matière grasse dans l'eau (le lait) des émulsions d'eau dans la matière grasse (le beurre). La stabilité de l'émulsion est due à la présence d'une enveloppe lipido-protéique chargée négativement (**BOUTONNIER J.L., 2008**). Le diamètre du globule gras est variable (0,1 à 20 mm, le diamètre moyen du globule gras du

lait de vache est : 3 à 5 mm) : il diminue du début à la fin de la lactation tandis que le nombre de globules gras augmente au cours d'une traite ; un globule gras est donc plus gros en fin de traite de début de lactation (**BOUTONNIER J.L., 2008**). Essentiellement la matière grasse participe à la consistance des pâtes et à leur flaveur.

I.2.3. Les glucides du lait

D'après (**MATHIEU., 1999**), Les sucres du lait sont principalement du lactose, diholoside réducteur, et quelques oligosaccharides (2%). C'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 50g par litre. Ce dernier est un sucre soluble dans le lait et fermentescible qui sera transformé en acide lactique sous l'action des lactases des ferments. Et il sera en grande partie entraîné dans le sérum, lors de l'égouttage du caillé. L'acide lactique une fois libéré offre la possibilité de mettre en évidence l'acidité d'un lait et d'apprécier l'activité de la flore lactique. Cette acidité augmente aussi sous l'effet des ferments, qui sont essentiellement nécessaires à l'abaissement du pH lors de la maturation.

I.2.4. Les minéraux du lait

Les minéraux jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine : ils sont souvent impliqués dans le mécanisme physiologiques (régulation nerveuse ou enzymatique, contraction musculaire ...) (**BRULE G., 1987**) et (**GUEGUEN L., 1979**). Les principaux minéraux présents dans le lait sont présentés dans le tableau 2, mise à part, de nombreux autres qui sont présents à l'état de traces et qui se retrouvent en faible quantité dans ce dernier tel que : manganèse, bore, fluor, silicium, brome, molybdène, cobalt, baryum, titane, lithium et probablement certains autres (**BRULE G., 1987**). Les minéraux sont répartis entre l'état soluble, sous la forme d'ions ou de sels, et l'état colloïdal, associés à la micelle de caséine (**AMIOT et coll., 2002**).

Minéraux	Teneur en (mg/kg)
Sodium(Na)	445
Magnésium(Mg)	105
Phosphore(P)	869
Chlore(Cl)	958
Potassium(K)	1500
Calcium(Ca)	1180
Fer(Fe)	0.50
Cuivre(Cu)	0.10
Zinc(Zn)	3.80
Iode(I)	0.28

Tableau 2 : Teneurs des différents minéraux dans le Lait (AMIOT et coll., 2002).

I.2.5. La matière azotée du lait

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (BRULE G., 1987). Les protéines se répartissent en deux phases : une phase micellaire et une phase soluble. La phase micellaire représente la caséine totale (environ 80% des protéines du lait) du lait. Elle est formée par quatre protéines individuelles :

- ✚ Alpha-caséines ou caséines α_{s1} 36% et α_{s2} 10% ;
 - ✚ Beta-caséine ou caséine β 34% ;
 - ✚ Kappa-caséine ou caséine κ 13% ;
 - ✚ Gamma-caséines ou caséine μ 7% (produit de la protéolyse de la β -caséine)
- (BRULE G., 1987).**

Une micelle de caséine contient environ 92 à 93% de protéine, la caséine, et 8% de minéraux. La partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (2,9% de Ca, 0,1% de Mg, 4,3 % d'ions phosphate, 0,5% d'ions citrate) (GUEGUEN L., 1979). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (BRULE G., 1987).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (GUEGUEN L., 1979).

L'autre fraction protéique (environ 17%) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux principales protéines sériques sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (BRULE G., 1987).

I.2.6. Les vitamines du lait

Les vitamines sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées, elles sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. On les retrouve en très petite quantité dans les aliments (VIGNOLA C.L., 2002).

D'après (JEANTET R. et coll., 2008), on répartit les vitamines en deux classes selon leur solubilité. Soit les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B, vit C, vit H, acide folique, niacine et niacinamide, acide pantothénique), se retrouvent en plus grande concentration dans le sérum, et les vitamines liposolubles (vit A, vit D, vit E, vit K) qui sont associées à la matière grasse. Par conséquent l'écémage du lait diminuera considérablement leur concentration. Par contre elles sont en plus grandes concentration dans les produits comme la crème et le beurre. Les différentes vitamines peuvent ressentir l'effet de la chaleur et de la lumière.

Le tableau 3 indique les différentes teneurs des vitamines dans 100 ml de lait.

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40 μ g/100ml
Vitamine D	2.4 μ g/100ml
Vitamine E	100 μ g/100ml
Vitamine K	5 μ g/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2 mg/100ml
Vitamine B₁ (thiamine)	45 μ g/100ml
Vitamine B₂ (riboflavine)	175 μ g/100ml
Vitamine B₆ (pyridoxine)	50 μ g/100ml
Vitamine B₁₂ (cyanocobalamine)	0.45 μ g/100ml
Niacine et niacinamide	90 μ g/100ml
Acide pantothénique	350 μ g/100ml
Acide folique	5.5 μ g/100ml
Vitamine H (biotine)	3.5 μ g/100ml

Tableau 3 : Composition vitaminique moyenne du lait (AMIOT et coll., 2002)

I.2.7. Les enzymes du lait

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (POUGHEON S., 2001). Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

- Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase) ;
- Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme) ;
- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl estérase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthine-oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (BLANC B., 1982).

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des principaux enzymes du lait :

Groupe d'enzyme	Classes d'enzymes	pH	Température (°C)	Substrats
Hydrolases	Estérases			
	Lipases	8.5	37	Triglycérides
	phosphatases alcaline	9-10	37	Esters phosphorique
	Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Esters phosphoriques
	Protéases			
	Lysozyme	7.5	37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénases on oxydases	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8.3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6.8	20	Composés réducteur +H ₂ O ₂
	Catalase	7	20	H ₂ O ₂

Tableau 4 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA C.L., 2002)

- Le tableau suivant résume la variation de la composition du lait en fonction de l'espèce.

Constituants (g/l) Espèce	Matière Sèche	Lactose	Caséines	Autres Matières azotées	Matières grasses	Matières salines
Vache	120-130	49-50	27-30	5-7	35-42	7-9
Chèvre	110-120	45-50	21-26	5-7	28-36	7-9
Brebis	170-200	45-50	45-50	9-12	70-80	10-12
Bufflonne	160-200	40-50	40-50	8-10	75-85	8-10
Jument	100-110	70	10-12	7-8	10-15	3-5
Femme	120-130	70	10-12	5-6	32-40	3
Marouine*	550-600	15	60-70	50-60	450-460	6-8

*cétacé voisin du dauphin

Tableau 5 : Variation de la composition du lait en fonction de l'espèce (C.E.L.P.C., 2000).

I.3. Facteurs de variation de la composition du lait

La matière première qui arrive à l'usine dont le lait constitue un produit avec une composition non fixe, d'où l'utilisation non évidente de cette matière première, ce qui diminue par la suite les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits. On distingue Deux grands types de variation, la première au stade de l'animal et la seconde au stade du traitement du lait que nous allons détailler par la suite (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001).

I.3.1. Variation au stade de l'animal

La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001).

Pour certains facteurs, comme le stade physiologique et la saison, l'éleveur n'a aucun moyen d'action, il est donc nécessaire d'en connaître les influences car elles peuvent expliquer certaines variations de la composition non seulement au niveau de l'individu, mais aussi au niveau des laits de mélange. Contrairement à ces derniers, la maîtrise de certains facteurs tels que les facteurs génétiques et l'alimentation est très intéressante puisqu'elle peut permettre à l'éleveur d'agir sur la composition du lait et améliorer ses caractéristiques. Les facteurs

génétiques et alimentaires restent donc les principaux leviers d'action : mais si la sélection génétique a un effet à moyen et long terme, l'alimentation, elle, peut agir rapidement (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001). La composition du lait peut varier d'une espèce à une autre comme le démontre le tableau suivant.

Nutriment	Vache	chèvre	brebis
Protéine (g/100g)	3.3	3.6	6.0
Matière grasse	3.3	4.1	7.0
Lactose	4.7	4.4	5.4
Minéraux	0.7	0.8	1.0
Riboflavines	0.16	0.14	0.35

Tableau 6 : Composition de lait de différentes espèces
(POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001).

I.3.2. Variation au stade du traitement de lait

Dès la traite et jusqu'à son utilisation en industrie, le lait subit de nombreuses manipulations, au cours de son transport, de sa conservation, de son stockage et de son traitement de préparation. L'industriel joue, encore, dans ce cas, un rôle important, puisque pour satisfaire certaines exigences réglementaires et hygiéniques, il manipule sa matière première, pour ensuite la réadapter pour les besoins de la transformation. L'industrie utilise de nouvelles technologies pour pallier à cette variation naturelle du lait et pour exploiter toutes les ressources, tous les constituants que révèle cette matière première (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001).

I.4. Propriétés des principaux nutriments du lait

Nutriment	Fonctions	Intérêt sanitaire
Minéraux Calcium	Formation de l'os, Contraction musculaire. Coagulation du sang. Régulation d'enzymes.	Prévention de l'ostéoporose et de fractures, de l'hypertension artérielle, du cancer du colon.
Phosphore	Métabolisme énergétique (ATP). Coenzyme NADP. Phospholipides des membranes cellulaires.	Développement et maintien de la masse osseuse.
Magnésium	Cofacteur dans plus de 300 réactions métabolique.	Prévention de troubles du système nerveux : convulsions, hallucinations
Potassium	Transmission de l'influx nerveux. Contrôle de la contraction musculaire.	Maintien de la force musculaire. Prévention de l'hypertension

Zinc	Equilibre des échanges cellulaires (avec Na) Constituant de l'insuline et de plus de 200 enzymes engagés dans la croissance, la circulation, l'immunité.	artérielle. Croissance, puberté et appétit normaux .Défense contre les infections
<u>Vitamines</u> Riboflavine Vit .B12 Pantothénate Niacine Vit. A Vit. D Pyridoxine Thiamine	Coenzymes FAD et FMN du métabolisme énergétique. Cofacteur dans la synthèse des acides nucléiques (avec folate). Coenzyme A du métabolisme énergétique et de la synthèse des constituants lipidiques Coenzyme NAD du métabolisme énergétique et de synthèse des acides gras. Constituant d'un pigment visuel de la rétine. Développement des os des dents de la peau Facteur favorisant le système actif d'absorption intestinale du calcium. Cofacteur de réactions de synthèse et de modification d'acides aminés Coenzyme de réactions du métabolisme des glucides.	Protection des muqueuses et de la peau. Vision normale Prévention de l'anémie pemicieuse. Prévention de l'insomnie et de la fatigue Prévention contre la pellagre (dermatite. démence. diarrhée) Prévention contre la cécité. les infections, le dessèchement de la peau et des yeux Prévention de problèmes de développement osseux Prévention de convulsions (déficit en sérotonine). Prévention du bérubéri (déficit mental. Cardiaque. musculaire).
<u>Protéines</u> Lleu, Leu Lys, Met Thr, Trp Phe, Val	Source d'acides aminés essentiels à la synthèse des protéines des parois cellulaires. Fibres musculaires. enzymes et hormones.	Prévention contre les retards de croissance. Résistance et défense contre les infections

Tableau 7: Propriétés des principaux nutriments du lait (**DEBRY G., 2001**)

I.5. Produits laitiers

I.5.1. Crèmes de consommation

La crème (agroalimentaire) est une préparation alimentaire concentré issu par écrémage du lait, et beaucoup plus riche en matières grasses que celui-ci.

La crème est obtenue soit mécaniquement par centrifugation, soit naturellement par décantation du lait cru, et sert essentiellement à la fabrication du beurre qui est sa matière grasse mais est également commercialisée en tant que crème fraîche. La crème épaisse contient environ 50 p. 100 de matières grasses, la crème liquide 30 p. 100, et la crème légère 12 p. 100. On conditionne également la crème sous pression (chantilly) avec addition de sucre

(15 p. 100), de gélatine (0,1 p. 100) et de protoxyde d'azote. On distingue (**PADILLA M. et GHERSI G., 2001**) :

- ✚ La « crème crue » : seulement si elle n'a pas fait l'objet de traitement thermique ;
- ✚ La crème pasteurisée ou « fraîche » : seulement si la crème n'a pas subi de traitement thermique autre que celui de la pasteurisation et si elle été conditionnée sur le lieu de production dans les 24 heures suivant celle-ci ;
- ✚ la crème fouettée : lorsque la crème a subi un foisonnement.

I.5.2. Crèmes glacées, glaces et sorbets

Ce sont des desserts lactés comprenant une grande variété de produits (**PADILLA M. et GHERSI G., 2001**) :

- ✚ Crèmes glacées ou glaces à la crème : les dénominations « crème glacée », « glace à la crème » sont réservées aux produits obtenus par la congélation d'un mélange pasteurisé de lait, crème et de sucre (saccharose) , parfumé à l'aide de fruits, ou de jus de fruits, ou de l'un des arômes naturels prévus .
- ✚ Glace aux oeufs : la dénomination « glace aux oeufs » suivie d'un nom d'arome naturel est réservée aux produits obtenus par congélation d'un mélange pasteurisé de lait, de jaune d'oeufs et de sucre (saccharose).

I.5.3. Beurre (industrie beurrière)

Le beurre est extrait de la crème du lait de vache.

- ✚ **Définition** : la dénomination « beurre» avec ou sans qualificatif est réservée exclusivement à une émulsion résultant du barattage de la crème ou du lait de vache qui sur 100g ne doit pas renfermer plus de 18g de matière non grasse dont 16g maximum d'eau (**PADILLA M. et GHERSI G., 2001**).

- ✚ **Composition** : Le beurre est composé de :

- eau : 16% ;
- matière grasse : 82% ;
- éléments non gras : 02%.

I.5.4. Fromage (industrie fromagère)

Le fromage, produit frais ou affiné, est obtenu par égouttage après coagulation du lait, de la crème, du lait écrémé ou partiellement écrémé (**PADILLA M. et GHERSI G., 2001**).

✚ **Classification** : Elle se fait en fonction :

- de la teneur en matière grasse (fromage maigre, gras, etc.);
- de l'origine animale (fromage de chèvre, vache, etc.);
- du mode de fabrication (KEILING).

Ainsi on distingue (**PADILLA M. et GHERSI G., 2001**) :

- ✚ Le fromage à pâte fraîche ou fromages blancs : Ils sont obtenus par caillage acide. Ces derniers, sont très humides (60 à 80% d'eau) et consommés en l'état ou additionnés à du sel, sucre, d'arômes, d'herbe, Etc. Exemple : « Petit suisse ».
- ✚ Le fromage à pâtes pressées : à croûte moisie, croûte lavée.
- ✚ Le fromage à pâtes fermes non cuites : à croûte lavée.
- ✚ Le fromage à pâtes fermes cuites : à croûte avec ouverture, à croûte sans ouverture « Beaufort ».
- ✚ Le fromage à pâtes molles : à croûte fleurie comme le « Camembert », à croûte lavée définies, à croûte non définies et à croûte séchée.

Les fromages sont l'un des produits laitiers qui se conserve longtemps. Les fromages fondus sont tous des fromages industriels. Justement parce qu'ils sont mous, ne demandent pas d'effort pour mâcher, ont des goûts standardisés, ils ont du succès auprès des consommateurs de tous âges. L'industrie ne cesse de développer de nouveaux fromages fondus. Leur intérêt nutritionnel est plus que limité.

C'est pour ces raisons que nous allons nous pencher dans notre travail sur le fromage que nous allons développer dans la seconde partie de ce chapitre. Puis nous allons enrichir notre travail d'avantage avec une troisième partie concernant le fromage fondu, but de notre travail.

Deuxième partie : fromage produit fini

II. Le fromage

II.1. Définition du fromage

Dans la réglementation française, la dénomination "fromage" désigne un produit fermenté ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait qui peut être partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur en matière sèche du produit doit être au minimum de 23 g pour 100 g de fromage, à l'exception de certains fromages frais (C.D.L.C., 1988).

II.2. Constituants du fromage

Les fromages représentent un groupe alimentaire très hétérogène dont la constitution est très variable selon la qualité de la matière première utilisée ou selon la technique de fabrication.

II.2.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaires

L'extrait sec est le complément à 100% de la teneur en eau. Il est en fonction de la matière grasse du lait et de la crème ajoutée, et de l'importance de l'égouttage (LUQUET F.M., 1990).

	Teneur en eau (%)	Teneur moyenne en eau(%)
Fromage blanc	=80	=80
Fromage a pate molle		
Camembert 30% MG	58	
45%MG	50	50
50%MG	45	
60%MG	43	
Roqueort 50% MG	40	
Fromage a pate demi-dure		
Edam 30%MG	50	45
40%MG	45	
45%	42	
Fromage a pate dure		
Emmental 45% MG	36	35
Parmesan 40%MG	25	
Fromage fondu	65	50
25%MG		
45%MG	52	

Tableau 8 : Teneur en eau des fromages (LUQUET F.M., 1990).

II.2.2. Matière grasse

La teneur en matière grasse portée sur l'emballage du produit fini ou le panneau lorsque le fromage est vendu en vrac, correspond à la quantité de matière grasse contenue dans 100g d'extrait sec, c'est-à-dire sur ce qui reste du fromage après déshydratation complète (LUQUET F.M., 1990).

Le qualificatif accompagnant la dénomination fromage est lié au pourcentage de matière grasse par rapport à l'extrait sec. Le fromage porte la mention 0% de matière, lorsque ce dernier est fabriqué avec du lait écrémé. La majorité des fromages affinés commercialisés provenant de lait non standardisée en matières grasses ont une teneur en matière grasse affichée aussi a 45%, ce qui ne préjuge en rien de leur teneur réelle en lipide rapportée à 100g du produit .la teneur minimale en matière grasse c'est-à-dire la teneur lipidique par rapport à 100g du produit et maintenant indiquée sur l'étiquetage (LUQUET F.M., 1990).

De point de vue qualitatif, la composition relative en lipide est celle du lait, c'est-à-dire en majeure partie sous forme de glycéride. Le cholestérol a subi la même concentration que le triglycéride, il peut atteindre 120 mg pour 100 g dans les fromages à pâte dure (LUQUET F.M., 1990).

Pour 100g	Fromage Blanc à 45%	Edam à 45%	Gruyère Fondus à 45%	Roquefort à 45%
Matière grasse en g dans le produit fin	Soit 9%	Soit 26%	Soit 23%	Soit 29%

Tableau 9: Teneur lipidique pour 100 g de fromage fromages (LUQUET F.M., 1990).

II.2.3. Les protéines

Lors de l'égouttage, les protéines du lait subissent une concentration. Le paracaséinate est la protéine le plus important, dans les fromages affinés traditionnels, car les protéines solubles et les glycopeptides ont été éliminées avec le lactosérum. Par contre, Dans les fromages obtenus par ultrafiltration préalable, toutes les protéines du lait sont présentes et ont été concentrées (LUQUET F.M., 1990).

Fromage	Teneur protéique En g pour 100g	Concentration par Rapport au lait
Fromage blancs	7 à 10	2.5 à 3
Pate molle	20 – 21	6 à 7
Patte persillée	22	6 à 7
Pate demi-dur	25 – 26	7 à 8
Pate dure	28 – 30	8 à 9
Fromage fondu (pate fraiche)	9 à 11	3
Fromage fondu (pate dure)	14 à 20	4.5 à 7

Tableau 10: Teneur protéique des fromages (LUQUET F.M., 1990).

II.2.4. Les glucides

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4%, celle des fromages affinés et fondus est négligeables (2%), et elle est quasiment nulle dans les fromages a pâte pressée.

Le lactose a été entraîné lors de l'égouttage dans le lactosérum ou a été transformé par la flore lactique lors de caillage ou de l'affinage.

L'acide lactique construit, a une saveur rafraîchissante dans les fromages frais. Les acides volatils formés lors de la transformation du lactose par la microflore, tels que les acides acétiques, propénoïques, cétones Sont sapides et odorantes (LUQUET F.M., 1990).

II.2.5. Les minéraux

II.2.5.1. Sodium

Les fromages ont subi l'adjonction de chlorure de sodium et/ou autres sels de sodium. De ce fait, l'augmentation de leur consommation constatée ces quinze dernières années a concouru au fort apport sodique de l'alimentation, pouvant intensifier les troubles cardio-vasculaires (LUQUET F.M., 1990).

Voici la teneur en sodium pour 100g de fromage (LUQUET F.M., 1990) :

- ✚ Fromage blanc : 30 à 40 mg, mais le demi - sel : 1100mg.
- ✚ Fromage affiné : 800mg en moyenne.
- ✚ Fromage à pâte molle, à croûte moisie et à croûte lavée : 900mg valeur moyenne acceptable.

- ✚ Fromage à pâte demi-dure : 1000 mg valeurs moyennes acceptables. - Fromage fondu : 1500mg en moyenne.

II.2.5.2. Calcium et phosphore

Dans la majorité des fromages, le rapport calcium / phosphore, reste à peu près à la même approximation dans la majorité des fromages mesuré à 1,4 dans le lait, sauf dans les fromages à caillage lactique, à égouttage lent où il est de 1.2 (LUQUET F.M., 1990).

Le phosphore restant plus lié aux matières organiques. Dans les fromages fondus dans lesquels des polyphosphates ont été ajoutés, il est compris entre 0.5 et 1. La teneur en magnésium est de 10 à 50 mg pour 100g en rapport avec la concentration en matières sèche (LUQUET F.M., 1990).

II.2.5.3. Oligoéléments

Le lait a une teneur faible en oligoéléments. Dans les fromages, les oligoelements se concentrent avec la matière sèche.

	Fer	Cuivre	Zinc	sélénium
Lait	0.05	0.01	0.38	0.0033
Fromage	0.2 à 1	0.08 à 0.5	0.5 à 4.5	0.006

Tableau 11: Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages

(LUQUET F.M., 1990).

II.2.5.3. Vitamines

Les vitamines liposolubles A, D, E et K des fromages sont en fonction de la teneur en matière grasse des laits utilisés comme matières premières, de l'adjonction de crème et de la concentration en matière sèche réalisée lors de l'égouttage. On peut donc déterminer les teneurs vitaminiques des différents fromages en utilisant des facteurs multiplicateurs par rapport aux matières grasses de lait. Les teneurs en vitamines E restent faibles. Sauf la vitamine B12 qui augmente avec la concentration en matière sèche, les vitamines hydrosolubles sont en partie éliminées avec le lactosérum, la plupart des fromages sont peu intéressants comme sources d'apport en vitamines C et B. Cependant, certaines vitamines du

groupe B sont synthétisées par les moisissures. Les fromages à moisissures internes contiennent alors une quantité quatre fois supérieure à celle du lait en vitamines B2, PP, B6. Lors de l'affinage, les minéraux et vitamines migrent vers la croûte du fromage : il est donc conseillé de consommer le maximum de fromage servi, tout en sachant que la croûte est la partie la plus contaminée des fromages par la flore microbienne (LUQUET F.M., 1990).

II.3. Transformation du lait en fromage

Le fromage est simplement fabriqué à partir de lait additionné d'un peu de présure, substance contenue dans la caillette. Elle est constituée d'enzymes qui font coaguler les protéines du lait. En s'agglutinant, ces dernières piègent les matières grasses du lait, mais aussi l'eau et le sucre, donnant du fromage (LUQUET F.M., 1990).

La production du fromage comprend une multitude d'étapes comme la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage (voir Annexe 1). Cette dernière étape ne concerne pas le cas des fromages frais, les autres fromages acquièrent leurs caractères lors de l'affinage (EVETTE J., 1975).

La qualité du lait de fromagerie est mesurée en effet, par son aptitude à donner un bon fromage, dans des conditions de travail normales, avec un rendement satisfaisant. Elle dépend aussi d'un certain nombre de caractéristiques du produit tels que sa composition chimique, sa richesse en caséines, sa charge microbienne et la nature de sa microflore, son aptitude au développement des bactéries lactiques, en plus, de son comportement vis-à-vis de la présure (REMEUF F. *et all.*, 1991).

II.3.1. Coagulation du lait

La fabrication du fromage nécessite une phase de coagulation du lait, qui permet d'expulsion plus ou moins, une grande partie d'eau et de matière soluble (le sérum). On obtiendra ainsi un caillé ou fromage non affiné. La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) d'acide lactique. D'où la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzymes coagulantes ou encore par l'action combinée des deux (ECK A. et GILLIS J.C., 1997).

II.3.1.1. Coagulation par voie acide

La coagulation par voie acide est procurée par l'acide lactique d'origine bactérienne, qui change le lactose en acide lactique. La diminution du pH du lait de fromagerie adhère avec la production d'acide. Ce qui provoque une solubilisation du phosphate et du calcium colloïdal, un élément essentiel dans la stabilité des micelles de caséine. Ces dernières vont s'accoler entre-elles et composer un gel cassant très ébouleux et peu flexible (**MIETTON B., 1995**). Si l'acidification est rapide par addition d'un acide minéral ou organique, il y a floculation des caséines à pH 4,6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granulé éparpillé dans le lactosérum. Par contre, une acidification successive, résultante soit par fermentation lactique, soit par hydrolyse de la gluconolactone, amène à la construction d'un gel lisse adéquat qui rempli totalement le volume initial du lait (**MIETTON B.M. et all., 1994**).

La teneur en protéines agit sur la coagulation acide. Evidemment, un caillé lactique plus ferme sera formé à partir d'un lait riche en protéines (**CAROLE L. ET VIGNOLA., 2002**).

II.3.1.2. Coagulation par voie enzymatique

La coagulation par voie enzymatique est attestée par un divers type d'enzyme : protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, ayant l'adéquation de coaguler le lait. Il faut aussi tenir compte de leur grande action protéolytique non spécifique complémentaire lui permettant d'hydrolyser les caséines α et β avec libération de peptides (**MIETTON B., 1995**). Une diminution du rendement fromager est obtenue si cette hydrolyse est trop élevée, en plus, d'une texture molle et l'apparition de goûts anormaux. La présure est une enzyme protéolytique provenant de la caillette du veau non sevré. Cette enzyme est en rapport avec deux fractions actives : l'une mineure (20 %), constituée par la pepsine ; l'autre majeure (80 %), est représentée par la chymosine qui est le coagulant le plus utilisé (**ECK A. et GILLIS J.C., 1997**).

En pratique, la coagulation du lait est marquée par trois paramètres : le temps de floculation, la vitesse de raffermissement et la fermeté maximale du gel (**CARON A. et all., 1997**). Plusieurs facteurs peuvent les influencer. Le temps de prise est inversement proportionnel à la concentration d'enzyme utilisée. Par contre, si on ajoute plus de présure au lait de fromagerie, le taux de raffermissement et la fermeté du gel augmentent.

La température influe aussi sur la coagulation. En effet, au dessous de 10°C, la gélification ne se produit pas ; entre 10 et 20°C, la coagulation est lente ; entre 30 et 42°C, elle est

progressive et au-dessus de 42°C elle diminue, pour disparaître à 55°C (**DAVIAU C.M.H. et all., 2000**).

Le pH, lorsqu'il descend au dessous du pH du lait, le temps de prise est plus court, le taux de raffermissement augmente et le gel devient plus ferme et atteint un maximum entre 5,8 et 6,0. En revanche, à des pH supérieur à 7,0, il n'y a plus de coagulation.

II.3.2. L'égouttage :

L'égouttage est l'étape la plus essentielle de la fabrication du fromage, car c'est elle qui détermine la dureté et l'onctuosité du fromage à venir. Cette dernière permet la séparation d'une partie de lactosérum, après rupture mécanique du coagulum, par moulage et dans certains cas par pression. Ce qui conduit à l'obtention du caillé. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé (80% d'eau contenue dans le caillé sont extraits), mais aussi la minéralisation de ce dernier et son délactosage.

Ce phénomène physique de séparation de la phase dispersante, fréquent dans les systèmes biologiques contenant des polymères organisés en réseau, est dénommé synérèse (**RAMET J.P., 1985**).

Les mécanismes conduisant à la synérèse sont complexes et celle-ci s'obtient de deux propriétés différentes du gel lacté :

- ✚ Un pouvoir de contraction de la trame protéique formée par les micelles de caséine lors de la coagulation, qui se traduit par une compaction du gel.
- ✚ Une aptitude du gel à évacuer le lactosérum interstitiel qui est fonction de la porosité et de la perméabilité.

II.3.3. Le salage

Le salage désigne en fromagerie une phase indispensable de la fabrication des produits affinés. La teneur en sel des fromages varie selon le type de fromage, en moyenne elle est de 0,5-2 g/100 g dans la plupart des fromages, dans certains cas (les fromages bleus et quelques fromages de chèvres), elle peut s'élever à 3-4 g/100g. Par contre, certains fromages orientaux conservés en saumure ont des teneurs assez élevées (8-15 g/100 g). Les modalités de salage sont par saumurages (Emmental, et Camembert), salage à sec et salage en masse (**ALAIS C. et LINDEN G., 1997**). Le salage en masse est utilisé dans les fabrications traditionnelles de

quelques fromages typiques du bassin méditerranéen. Il permet la préservation du lait, prolonge les phases de coagulation et d'égouttage du fromage (**RAMET J.P., 1987**).

Le sel permet d'atteindre l'humidité appropriée du fromage. Il exerce, selon sa concentration, une action microbienne sélective et un effet inhibiteur sur l'activité des enzymes. A titre d'exemple, la croissance des bactéries lactiques des levains est inhibée à une teneur en sel supérieure à 2,5 g/100 g, est pratiquement nulle au-dessus de 5 g/100 g. L'effet du sel sur le développement de la flore microbienne des fromages ne peut toutefois être apprécié pleinement qu'en tenant compte de la tolérance des microorganismes au sel dans le milieu fromage et de la teneur en sel de la pâte fromagère (**CHOISY C. et al., 1997**). Mise à part ça le salage a d'autres rôles aussi importants tel que : l'amélioration et est complémentaire à la phase d'égouttage, la formation d'une croûte en créant en surface une zone riche en sel et pauvre en eau, la participation au goût du produit.

II.3.4. L'affinage

L'affinage est l'étape la plus complexe de la fabrication des fromages maturés qui dépend de chaque caractéristique physico-chimique ou microbiologique du fromage (**BENNETT R.J. et JOHNSTON K.A., 2004**). C'est un processus biochimique complexe et long qui correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé par les différents agents.

Le fromage devient donc le siège de différentes dégradations qui s'effectuent simultanément ou successivement aboutissant à la libération de substances sapides et odorantes en même temps que la modification de la texture (**CHOISY C. et al., 1997 (b)**). Le fromage est ainsi comparé à un bioréacteur complexe dont le praticien devra maîtriser l'évolution pour la porter vers les caractéristiques optimales recherchées (**RAMET J.P., 1997**).

La durée d'affinage varie selon le fromage, elle dure quelques semaines à deux ans ou plus à des températures spécifiques pour les différents types de fromages.

➤ Agents d'affinage des fromages

Les agents responsables de l'affinage des fromages sont les enzymes. Selon (**FOX P.F. et al., 1993**) quatre ou éventuellement cinq agents sont impliqués dans la maturation des fromages :

1. la présure ou substitut de présure (la pepsine ou protéases microbiennes) ;

2. les enzymes indigènes du lait, très importants dans les fromages au lait cru ;
3. les ferments lactiques et leurs enzymes, qui sont libérés après que les cellules sont mortes et lysées ;
4. les enzymes des ferments secondaires (par exemple des bactéries propionique, *Brevibacterium linens*, les levures et les moisissures, comme *Penicillium roqueforti* et *P.candidum*) sont très importantes dans certaines variétés de fromage;
5. les autres bactéries outre que ceux des ferments (NSLAB), c'est à dire les microorganismes qui ont survécu suite à la pasteurisation du lait de fromagerie ou contaminant le lait ou le caillé après. Ces microorganismes après mort et lyse agissent avec leurs enzymes libérés dans le fromage.

II.4. Technologie fromagère

II.4.1. Voie technologie

Le fromage est le produit résultant de multiples étapes de fabrication : la coagulation de la caséine qui conduit, à partir du lait, à la formation d'un caillé ; l'égouttage, qui sert à séparer une partie plus ou moins importante de sérum pour obtenir une caillebotte ; le salage, qui agit en exhausteur de goût, en conservateur, et sa concentration aura un effet sur la souplesse du fromage ; et l'affinage de cette caillebotte, qui développe des saveurs et des textures originales. Ce sont les différentes techniques associées à chacune de ces étapes qui déterminent les différences entre les fromages (VIGNOLA C.L., 2002).

La combinaison de ces étapes permet de donner une description du fromage basée sur sa méthode de fabrication, c'est-à-dire la voie technologique.

II.4.2. Classification des fromages

La classification des fromages est en fonction du caillé (lactique ou présure), du mode d'égouttage, et du type d'affinage.

Le Tableau suivant donne la classification des fromages seulement en fonctions des différents types de coagulations et d'égouttages.

Classification suivant le type de coagulation	
Technique	Caractéristique de la caillebotte

Caillé Lactique	Faible quantité de présure Température de coagulation de 18-28°C Temps de coagulation entre 4 et 20h pH de décaillage 4.6-5.0	<ul style="list-style-type: none"> • Riche en eau,pauvre en calcium • Faible cohésion • Dure de conservation
Caillé Présure	Forte quantité de présure Température de coagulation de 30°à40°C Temp de coagulation entre 20et 60mn pH de décaillage 6.0 à7.0	<ul style="list-style-type: none"> • Egouttée,riche en calcium • Elastique et souple • Apte à l’affichage
Classification suivant le type d’égouttage		
	Techniques	Caractéristique du fromage
Egouttage Lent	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en moule avec ou sans coupage • Séparation de sérum par filtration ,ultra filtration ou centrifugation 	<ul style="list-style-type: none"> • Riche en eau • Petit format • Conservation limitée à quelques semaines • Texture friable ou molle
Pate Pressée (non cuite)	<ul style="list-style-type: none"> • Décaillage, brassage du caillé • Prépressage • Mise en moule • Pressage 	<ul style="list-style-type: none"> • Humidité intermédiaire • Format restreint (environ 1kg) • Affinage de quelques mois • Texture souple et moelleuse

Tableau 12 : Caractéristiques des classes de fromage (VIGNOLA C.L., 2002).

II.5. Caractéristiques physicochimiques des différentes classes de fromages

Les phases d'égouttage et d'acidification tiennent une place importante dans le mode d'obtention des caillées lactique et présure, puisqu'elles régulent les deux facteurs prépondérants que sont l'activité de l'eau (Aw) et le pH comme le montre le tableau ci dessous.

Catégorie de fromage	pH	Aw
Pate fraiches	4.3-4.5	0.980-0.995
Pates molles	4.5-4.8	0.970-0.990
Pates pressées	4.8-5.2	0.940-0.970
Pates dure	5.0-5.5	0.885-0.905

Tableau 13 : Caractérisation de différentes catégories de fromages par effet de pH et Aw

(LE JAOUEN J.C., 1993).

Ces deux facteurs jouent un rôle essentiel dans l'orientation de la croissance des microorganismes et dans le développement des réactions enzymatiques et biochimiques au cours de l'affinage des caillés. Comme on peut s'y attendre, il existe une relation entre la teneur en eau et l'activité de l'eau des fromages plus que le A_w est élevée, plus que l'humidité et important (LE JAOUEN J.C., 1993).

II.6. Microbiologie du fromage

Les différentes phases d'élaboration du fromage vont dépendre de la présence de microorganismes utiles. Ces germes vont conditionner la réussite du fromage en lui donnant ses caractéristiques de texture, de saveur, d'aspect, etc. Produire un fromage consiste à sélectionner et à favoriser le développement des germes utiles, tout en limitant la contamination par des germes indésirables et en entravant leur développement (LE JAOUEN J.C., 1993).

La présence des micro-organismes dans le fromage va dépendre du degré de contamination et des capacités de développement des germes dans le fromage. L'absence totale de contamination étant difficile, voire impossible à réaliser. Ce sont essentiellement les caractères physico-chimiques du fromage et les conditions d'affinage et de stockage, qui vont orienter le développement microbien (LE JAOUEN J.C., 1993).

Parmi les micro-organismes indésirables susceptibles de contaminer le lait et les fromages, il faut distinguer deux catégories selon le degré de gravité :

- les pathogènes, dangereux pour la santé humaine qui ne doivent pas être présents,
- les germes nuisibles à la qualité organoleptique des fromages.

Les critères microbiologiques du fromage sont donnés dans le tableau suivant.

Germe Type de Fromages	Listeria Monocytogenes	Salmonella Spp	Staphylococcus Aureus	Escherichia Coli	Coliformes
Fromage A dure pate dure au lait cru	Absence Dans 1 gramme n=5 :c=0	Absence Dans 1 gramme n=5 :c=0	M=10 000/g m=1 000/g n=5 : c=2	M=100 000/g m=10 000/g n=5 : c=2	-
Fromage à pate molle au lait cru	Absence	Absence	M=10 000/g	M=100 000/g	M=100000

Fromage Non affines au lait cru	Dans 25 gramme n=5 c=0	Dans 1 gramme n=5 c=0	m=1 000/g n=5 c=2	m=10 000/g n=5 c=2	m=10000 n=5 c=2
--	------------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------------	-----------------------

Tableau 14: Critères microbiologiques des fromages en fonction des germes (**France, 1994**).

II.7. Les grandes familles de fromage :

Les différents types de fromages présentent des caractères spécifiques liés à la fois au mode de coagulation et d'égouttage et à la flore microbienne, qui libère des enzymes responsables de la saveur, de la texture et de l'aspect de la pâte. On peut définir les différents types de fromage qui sont (**voir Annexe 2**) :

II.7.1. Fromages frais

Le fromage frais (Cottage, Mascarpone, Fromage à la crème, Petit Suisse, Quark) résulte de la coagulation lente du lait par action de l'acidification combinées ou non à celle d'une faible quantité de présure. Le fromage frais présente une grande diversité selon le degré d'égouttage et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. Ces caillés restent très humides (75-80%) et sont peu minéralisés. la pâte a un pH bas (4.3, 4.5), n'a pas de cohésion et se prête à la fabrication de fromage sans forme ou de format réduit et de courte conservation (**MALLAY A.M.N., 2012**). Les fromages frais se caractérisent tous par :

- ✚ Un caillé non pressé et une teneur élevée en eau.
- ✚ Une saveur douce ou légèrement acidulée.
- ✚ Un produit à consommer sans période de maturation.

Les fromages frais sont lisses, crémeux ou granuleux et ils sont disponibles natures ou assaisonnés de légumes, de fruits ou d'épices.

II.7.2. Fromages à pâte pressée

Les catégories des fromages à pâte pressée désignent une série de fromages très variée dans leur composition, leur format et leur aspect extérieur (croûte sèche ou présence d'une

couverture microbienne). La coagulation à caractère enzymatique nécessite des laits frais et l'emploi de doses élevées en enzyme coagulant. Le temps de prise est court et la phase de durcissement est réduite pour éviter la déminéralisation du gel. Le pressage permet de compacter les grains et d'évacuer le lactosérum inter-granulaire (EVETTE J.L., 1975). La bonne cohésion de la pâte permet la fabrication de fromages de gros format. Les pâtes pressées se divisent en 2 familles qui sont :

II.7.2.1. Les pâtes pressées non cuites

Elle présente une teneur en matières sèche comprise entre 44 et 55%. Certains PPNC subissent un délactosage afin de limiter l'acidification et la baisse du aw qui a un rôle important sur la sélection microbienne et sur l'action enzymatique. Voici quelques exemples de PPNC :

- ✚ Les PPNC à croûte sèche (edam, gouda, cantal, raclette,...Etc.)
- ✚ Les PPNC à croûte fongique (tommes ... Etc.)
- ✚ Les PPNC à croûte morguée (saint-paulin)... Etc.

II.7.2.2. Les pâtes pressées cuites

Les pâtes pressées cuites subissent une cuisson entre (53 et 55 °C) pendant (30 à 50 min) lors du travail en cuves afin d'effectuer un égouttage plus poussé pour atteindre un extrait sec final de 60% à 63%. Ce sont des fromages de garde, et on distingue :

Le groupe emmental qui se caractérise par des fromages de gros format (65 à 110 kg) à croûte sèche présentant des trous dans la pâte dus à la formation des propénoïques lors du passage en cave chaude (16 à 18 °C) ;

Le groupe du gruyère qui regroupe des fromages à croûte morguée, de format plus réduit présentant peu ou pas de trous dus à une faible fermentation propionique (EVETTE J.L., 1975).

II.7.3. Fromages à pâtes dures

Leur teneur en extrait sec varie entre 64% et 72% et leur durée de conservation peut atteindre 2 à 3 ans et en font de véritables fromages de garde. Leur technologie se rapproche de celle

des fromages à pâte pressée cuite : le tranchage est poussé et le brassage est effectué à chaud pendant 1 à 2 heures avec une montée en température de 55-58 °C, ce qui permet d'atteindre l'extrait sec recherché. La croûte est séchée et brossée régulièrement, parfois huilée (EVETTE J.L., 1975).

Les principaux représentants sont d'origine italienne (Parmesan, Asiago, Grana) et suisse (Sbrinz).

II.7.4. Fromages à pâtes filées

Les fromages à pâte filée sont des fromages typiques d'origine italienne (*formaggio di pasta filata*), traditionnellement fabriqués avec du lait d'hiver, conférant à la pâte une couleur blanche recherchée. Ils peuvent être fabriqués avec du lait de vache, de brebis ou de chèvre, comme le provolone ou caciocavallo, mais aussi du lait de bufflonne pour la mozzarella. Jusqu'au brassage en cuve, ils présentent de grandes similarités avec la fabrication de pâtes pressées (LE JAOUEN J.C., 1993).

- ✚ Coagulation : elle se fait avec des présures en pâte amenant des protéases coagulantes et des lipases pré-gastriques qui facilitent le développement de saveurs piquantes (LE JAOUEN J.C., 1993).
- ✚ Égouttage : il est accentué par tranchage et brassage en cuve. Les grains sont alors laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à obtention d'un pH de 5,15 à 5,20, nécessaire pour avoir un filage correct. Le caillé est ensuite découpé en lamelles lesquelles sont immergées dans de l'eau ou du lactosérum chaud (de 70 à 80 °C) pendant 10 à 20 min. Après fusion, la masse est malaxée, étirée, lissée soit manuellement soit mécaniquement. Elle est ensuite conditionnée sous diverses formes : balle, cylindre, disque (LE JAOUEN J.C., 1993).
- ✚ Salage : les fromages sont enfin plongés dans l'eau froide pour durcissement puis salés en saumure (LE JAOUEN J.C., 1993).

II.7.5. Fromages à pâtes molle, à croûte lavée ou fleurie

Les fromages à pâtes molles ont une texture généralement crémeuse et onctueuse avec une légère élasticité dans la pâte.

Les pâtes molles contiennent entre 50% et 60% d'humidité. Ce type de fromage se divise en deux catégories : les pâtes molles à croûte fleurie et naturelle et les pâtes molles à croûte lavée. Ils sont fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis (EVETTE J.L., 1975).

II.7.5.1. Fromages à pâtes molle, à croûte fleurie

Il se caractérise par une croûte blanche à dorée recouverte d'un duvet de moisissures blanc et feutré appelé fleur qui se développe pendant l'affinage ce qui leur donne le nom « croûte fleurie ». Ces aspect duveteux de la croûte est dû à la présence du champignon *penicillium candidum* qui peut être pulvérisé à la surface des fromages en début d'affinage (EVETTE J.L., 1975).

II.7.5.2. Fromages à pâtes molle, à croûte lavée

Le principe de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est semblable à celui des pâtes molles à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être mis en moule.

Ce « rompage » facilite l'écoulement du petit lait : la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme, selon le degré de séchage.

Durant l'affinage, qui s'étend sur deux à quatre mois, le fromage est retourné régulièrement puis brossé ou lavé à l'aide d'une saumure additionné de bière, d'hydromel, de vin ou d'eau de vie , ce qui contribue à l'élaboration de ses diverses caractéristique . Il révèle des saveurs marquées ou prononcées, parfois fortes (EVETTE J.L., 1975).

II.7.6. Fromages fondus

Il s'agit de préparations fromagères fabriquées à partir d'autres fromages que l'on broie et remet à fermenter ou dont on a fondu ensemble la pâte.

Jadis, c'étaient des produits liés à la récupération ou la valorisation de restes de fromages « passés » (trop faits, trop durs) ou accidentés. Après avoir coupé et broyé de vieux morceaux de fromage immangeables, on les trempait dans un liquide (fromage frais, lait...Etc.) afin d'enclencher une seconde fermentation (**EVETTE J.L., 1975**).

Actuellement, les entreprises laitières en mélangeant des fromages frais et affinés, additionnés éventuellement à du lait, beurre, crème, caséine, lactosérum et d'autres ingrédients (épices, aromates...Etc.) parviennent à produire des saveurs très variées. Depuis quelques années, grâce à une publicité intensive, les fromages fondus à base de pâtes fraîches ont gagné une part importante du marché. Le traitement thermique se fait à 100 °C en présence de polyphosphates de calcium et de sodium (à 3 %) (**EVETTE J.L., 1975**).

Exemples : BEL/La vache qui rit (depuis 1921) est leader incontesté du marché des fondus devant Algérie Crème/La Jeune Vache, Priplait/ Ikil, Falait/Tartino, Goumidi-O'Kids, Lactalis/Alvita,...Etc.

Pour toutes ces pâtes, il est aujourd'hui possible de trouver des fromages allégés en matière grasse. Cette offre correspond à une demande plus générale des consommateurs de produits contenant moins de graisse. Le fromage n'échappe pas à ce phénomène.

Cependant les fromages allégés ne sont pas aussi savoureux. Les matières grasses jouent un rôle essentiel dans la texture du fromage et contiennent les éléments chimiques qui donnent à chaque fromage son caractère et ses saveurs particulières.

Le fromage le plus consommé est le fromage fondu. Les Algériens en consomment plus de 20 000 tonnes l'année. Le fromage en portions se taille la part du lion. Ce qui explique cette tendance à la consommation, c'est le facteur de conservation de longue durée du fromage fondu qui n'a pas besoin d'une chaîne de froid. Et il reste également le moins cher.

✚ Cette tendance du marché alimentaire algérien à suscité notre curiosité, c'est pour cela que nous allons focaliser notre travail sur le contrôle de la qualité en faisant une analyse de la concentration de la flore microbienne et de la composition physico-chimique de ce fromage en question (chapitre II) qui émerge notre alimentation quotidienne, mais tout d'abord nous allons entamer une

présentation explicite de ce type de ce dernier qui sera mise en œuvre dans la troisième partie qui suit de ce chapitre.

Troisième partie : Fromage fondu (voir Annexe 3)

III.1. Aperçu historique et économique du fromage fondu dans le monde et en Algérie

III.1.1. Aperçu historique

La possibilité de produire le fromage fondu a été traitée pour la première fois en 1895. Les sels de fonte n'étaient pas utilisés et le produit n'a pas réussi. Le premier fromage fondu réussi, dans lequel les sels de fonte ont été utilisés, était introduit en Europe en 1911 et aux USA en 1916 par Kraft (**MEYER A., 1973**).

Selon (**FOX P.F. et MCSWEENEY P.L.H., 1998**), la fonte des fromages présente plusieurs avantages ; on peut citer :

- ✚ Une certaine quantité de fromage qui est difficile ou même impossible à commercialiser peut être employée ;
- ✚ Le mélange de différentes variétés de fromage et d'autres matières premières non laitières permet de donner des fromages fondus différents du point de vue consistance, flaveur et forme ;
- ✚ Ils ont une stabilité à la conservation sous des températures modérées, ce qui réduit le coût de stockage et du transport (**CHRISTENSEN J. et all., 2003**) ;
- ✚ Ils sont plus stables que les fromages naturels pendant le stockage ;
- ✚ Une valeur nutritionnelle excellente, spécialement comme source de calcium et de protéines pour les enfants, et bonne aptitude à la satisfaction des besoins nutritionnels s'ils sont enrichis en vitamines et en minéraux (**ZHANG D. et MAHONEY A.W., 1991**) ;
- ✚ Ils sont attractifs pour les enfants qui refoulent les saveurs poussées des fromages naturels.

III.1.2. Importance économique du fromage fondu dans le monde

La production de la spécialité fromagère dans différents pays est illustrée dans le tableau I-1. La production globale est estimée à une quantité de 2 millions de tonnes/an, qui est l'équivalent de 13 % du total des fromages (GUINEE T.P. *et all.*, 2004).

Pays	1996	2000	Evolution 1996/2000 (%)
France	126	134	+1.5
Allemagne	157	171	+2.2
Italie	20	20	+0.1
Belgique	54	55	+0.8
Espagne	39	37	-1.3
USA	1081		
Australie	50		
Japan	97		

Tableau 15 : Production mondiale de la spécialité fromagère entre 1995 et 2000 (en milliers de tonnes (GUINEE T.P. *et all.*, 2004).

III.1.3. Importance économique du fromage fondu en Algérie

L'Algérie est un pays importateur des fromages. L'évolution des importations des fromages a enregistré un taux de 75 % entre 1995 et 1998. Ceci montre que la production des fromages en Algérie était faible et n'arrivait pas à satisfaire les besoins du marché algérien (PADILLA M. et GHERSI G. 2001).

1995	1996	1997	1998	Evolution 98/95	
				En volume	En %
9051	12260	16733	15862	6811	75

Tableau 16 : Evolution des importations des fromages en Algérie entre 1995 et 1998 (en tonnes) (PADILLA M. et GHERSI G., 2001).

III.2. Caractéristiques et valeur nutritionnelle

III.2. 1. Définition

La dénomination « spécialité fromagère fondue » est réservée au produit laitier, dont la teneur minimale en matière sèche est de 25 grammes pour 100 grammes de produit, préparé à partir de fromage et d'autres produits laitiers. Ce produit est obtenu par des techniques de traitement qui incluent la fonte et conduisent à l'émulsifiassions des matières premières et doit avoir subi, au cours de sa fabrication, une température d'au moins 70°C pendant 30 secondes ou toute autre combinaison de durée et de température d'effet équivalent (J.O.R.F., 2007).

III.2.2. Classification

Selon la teneur en matière grasse de l'extrait sec (MG/ES), les fromages fondus peuvent se diviser en sept catégories, présenter dans le tableau suivant.

Catégorie selon la teneur en MG	Teneur minimale MG/ES en g/kg	Fromage fondu ES minimal en g/kg	Fromage fondu à tartiner ES minimal en g/kg
Double crème	650	530	450
Crème	550	500	450
Gras	450	500	400
Trois –quarts gras	350	450	400
Demi-gras	250	400	300
Quatre –gras	150	400	300
Maigre	Mois de 150	400	300

Tableau 17: Classification des fromages fondus (D.F.I., 2009).

Pour le fromage fondu et le fromage fondu à tartiner dont la dénomination comprend le nom d'une variété de fromage, seuls les produits suivants peuvent être employés, outre le fromage (D.F.I., 2009) :

- ✚ Des matières grasses lactiques;
- ✚ Du sel comestible;
- ✚ De l'eau potable ;
- ✚ La composition doit satisfaire aux exigences suivantes:
- ✚ Si la dénomination spécifique comprend une appellation d'origine, seul le fromage en question peut être utilisé pour la fonte;

- ✚ Si la dénomination spécifique comprend une indication de provenance, le mélange utilisé pour la fonte doit contenir au moins 750 g par kilogramme de la variété citée. Le reste du fromage doit être comparable;
- ✚ Pour toute autre dénomination de fromage, le mélange utilisé pour la fonte doit contenir par kilogramme plus de 500 g du fromage en question.

III.2.3. Valeur nutritionnelle

La spécialité fromagère comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Elle apporte à l’organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire comme le démontre le tableau ci-dessous. Ne nécessitant aucune préparation, c’est un excellent moyen d’apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines...Etc.) (MEYER A., 1973).

Composant	Composition par 100g de fromage fondu	
	45% MG dans ES	60% MG dans ES
Eau	51.3%	50.6%
Matière grasse	23.6%	30.4%
Protéines	14.4%	13.2%
Sodium	1.26mg	1.01mg
Potassium	65.0mg	108mg
Calcium	547.0mg	355.0mg
Phosphore	944.0mg	795.0mg
Vitamine A	0.30mg	/
Vitamine D	3.13µg	/
Vitamine B1	34.0µg	40.0 µg
Vitamine B2	0.38 µg	0.35 µg
Vitamine B6	70.0 µg	80.0 µg
Biotine	3.60 µg	2.80 µg
Acide folique	3.46 µg	3.40 µg
Vitamine B12	0.25 µg	0.25 µg
Vitamine C	Trace	Trace
Valeur énergétique (Kj/Kcal)	1178/282	1490/339

Tableau 18 : Composition du fromage fondu (MEYER A., 1973).

III.3. Matières premières de la technologie de la spécialité Fromagère « fromage fondu »

Les fromages fondus sont fabriquées à partir des matières premières laitières dont le lait est leur vrai base c'est pour cette raison que nous avons commencé la première partie de notre chapitre par une généralité sur le lait, ainsi que d'autres composants d'origine laitières tel que : caséine ou casernâtes, lactosérum, matière grasse (CARIC M. 2000), mise à part ça il excite d'autres matières premières non laitières et végétales que nous allons pas aborder dans notre présent travail (HUANG V.T., 2010).

III.3.1. Matières premières laitières

III.3.1.1. Les fromages naturels

Le fromage fondu et la spécialité fromagère sont les produits laitiers dans lesquels le fromage est l'ingrédient laitier majoritairement utilisé comme matière première (C.C.A. 2004). Une sélection adaptée des fromages naturels est primordiale pour la fabrication d'un fromage fondu de qualité (CHAMBRE M. et DAURELLES J., 1997).

D'après (BOUTONNIER J.L., 2002), les fromages sont caractérisés par :

- ✚ Le pH ;
- ✚ L'extrait sec total (EST) ;
- ✚ La matière grasse (MG) ;
- ✚ L'extrait sec dégraissé (ESD) ;
- ✚ La nature de la texture en liaison avec la structure de la pâte ;
- ✚ Le niveau de minéralisation (% massique de calcium sur extrait sec dégraissé) ;
- ✚ La teneur en caséine relative.

Ces critères sont fondamentaux pour sélectionner les différents fromages en fonction du procédé technologique et des matériaux utilisés d'une part et du type de produit fini recherché d'autre part (USDA., 2007).

Le choix des fromages utilisés se fait entre le Cheddar, l'Emmental, le Gruyère, Mozzarella et d'autres fromages à pâte pressée en se basant sur le type, la flaveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité (CHAMBRE M. et DAURELLES J., 1997).

III.3.1.2. Autres matières premières laitières

En outre des fromages, d'autres matières premières laitières sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu. On peut citer, les concentrés protéiques laitiers, les poudres de lait écrémé, lactosérum, lactose, caséines-caséinates, protéines de sérum, coprécipités, crème, beurre et matière grasse laitière anhydre (**FOX P.F. et al., 2000**).

III.3.1.3. Préfonte

Il s'agit de fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit du produit dans l'atelier en fin de production et notamment au niveau du conditionnement. On a constaté en pratique que lorsqu'elle était refondue, la préfonte se comportait sur le plan de la chimie des colloïdes comme un fromage fondu ayant été exposé depuis un certain temps déjà aux phénomènes chimiques, physiques et mécaniques du processus de fonte. Ainsi, la préfonte transmet fortement ce processus physicochimique de modification de la structure au fromage fraîchement fondu auquel elle est ajoutée. Dès lors, le crémage est beaucoup plus rapide qu'en l'absence de préfonte (**BERGER W. et al., 1993**).

Mais pour que cette addition soit profitable, la préfonte doit être de bonne qualité texturale, c'est-à-dire « crémeuse » et non surcrémée, sous peine d'entraîner un surcrémage de toute la pâte du fromage fondu. Son rôle régulateur du processus de fonte se justifie surtout dans le cas des fabrications de produits tartinables et son taux d'incorporation varie de 2 à 10 % en masse selon la nature des matières premières mises en œuvre et le type de texture recherché pour les produits finis.

Elle est particulièrement intéressante dans le cas de traitements UHT pour lesquels la pâte est extrêmement fluide après stérilisation et le crémage relativement délicat (**PATART J.P., 1987**).

III.4. Technologie de la fonte

Les principales étapes que comprend la fabrication du fromage fondu sont représentées dans la figure qui suit.

III.4.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité

Avant leur utilisation, les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux quant à leur composition physicochimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (**CHAMBRE M. et DAURELLES J., 1997**).

III.4.2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages

Dans certains cas, la dureté des fromages peut entraîner des difficultés de fonte et une présence dans le produit fini de particules infondues.

L'écroûtage est réalisé traditionnellement par raclage ou abrasion, ou encore par de nouvelles techniques telles que les jets d'eau chaude sous pression. Pour faciliter le mélange avec les autres ingrédients et réduire le temps de fonte, il est impératif de fragmenter les fromages.

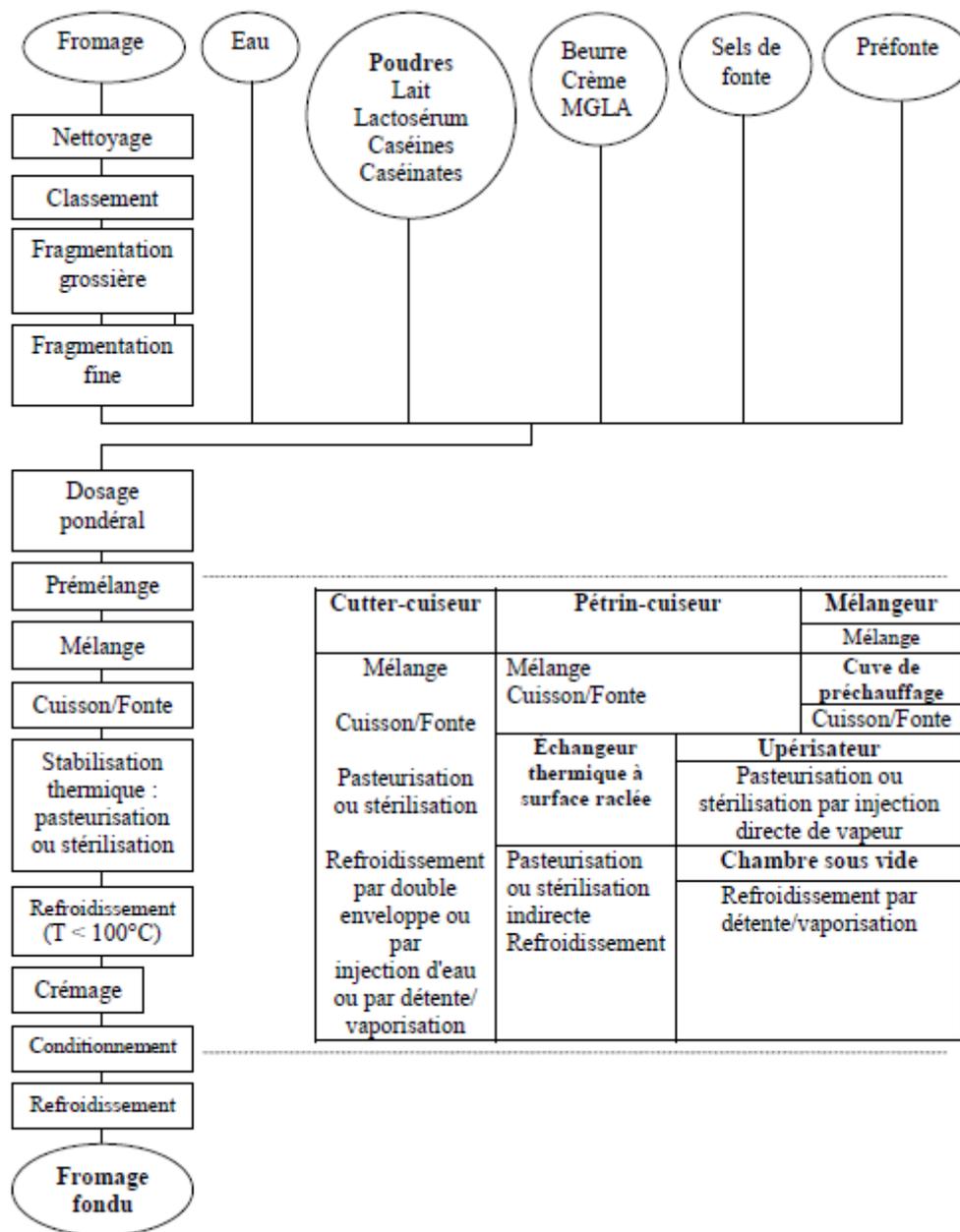
Ce broyage grossier est généralement suivi d'un broyage plus fin dans un appareil à double vis sans fin qui conduit les morceaux vers une grille dont les perforations mesurent 2 à 10 mm de diamètre selon le niveau d'intensité acceptable par le produit fin

III.4.3. Préparation de la formule et procédé technologique

De l'eau et des sels de fonte sont ajoutés aux matières premières fromagères et laitières, puis un prébroyage de l'ensemble est effectué pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu (**GUINEE T.P. et all., 2004**).

L'ordre d'addition des matières premières dépend du matériel à disposition, le type de cuiseur et la durée de cuisson. Selon (**GUINEE T.P. et all., 2004**), l'ordre typique de l'addition est comme suit : les meules de fromages, mélange de sels émulsifiants secs, les ingrédients laitiers tels que la poudre de lait, l'eau et d'autres agents technologiques tels les colorants, les hydrocolloïdes et les conservateurs.

Figure1 : Principales voies de fabrication du fromage fondu (GUINEE T.P. *et all.*, 2004).



III.4.3.1. Fonte proprement dite

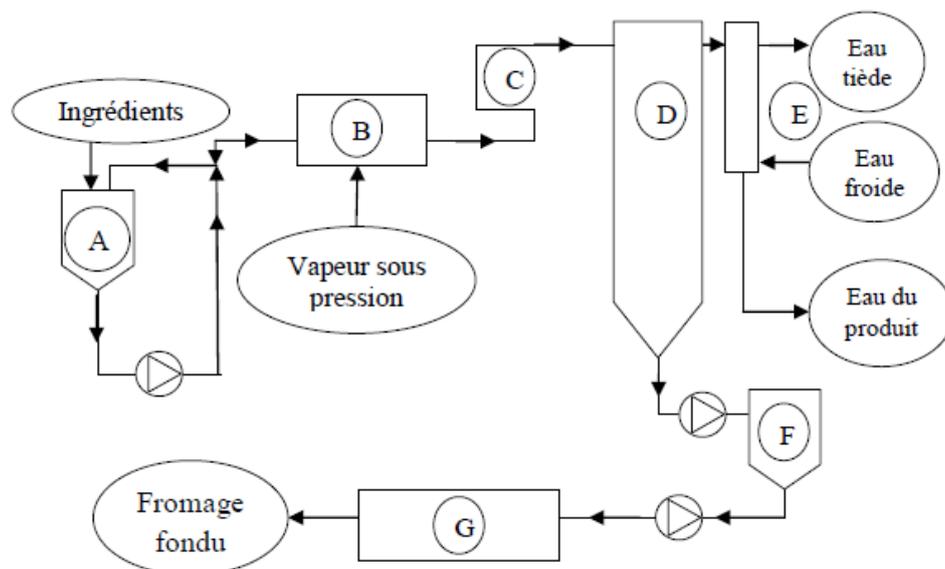
C'est l'opération clef de la fabrication du fromage fondu, elle peut être réalisée dans des installations en continu reliées à des pompes d'eau, de vapeur et du vide comme le démontre la figure qui suit.

Le temps et la température de fonte varient entre 70 et 95°C pendant 4 à 15 minutes, tout dépend de l'intensité de l'agitation, la texture souhaitée du produit fini et ses caractéristiques

de conservation (FOX P.F. *et al.*, 2000).. Les traitements thermiques sont généralement suffisants pour éliminer toutes formes végétatives (WARBURTON D.W. *et al.*, 1986), mais restent inadéquats pour se débarrasser des formes sporulées. Des températures supérieures à 130°C sont exigées pour éliminer quelques spores (ZEHREN V.L. et NUSBAUM D.D., 1992; MAFART P. *et al.*, 2001).

Dans les cuiseurs continus, le mélange peut être chauffé jusqu'à 140°C pendant 2 à 20 secondes (traitement UHT à une valeur stérilisatrice de 4 min, c'est-à-dire de pratiquer un barème de stérilisation équivalent à 4 min à 121°C), puis refroidi et maintenu à une température comprise entre 70 et 95°C durant 4 à 15 minutes (ZUBER F. *et al.*, 1987 ; BEGUERIA C., 1999).

Figure 2: Principe du traitement de stérilisation UHT directe : upérisation (BEGUERIA C., 1999).



- ⊠ Pompe
- Ⓐ Cutter : mélange/cuisson/fonte des ingrédients à une température de 90°C.
- Ⓑ Upérisateur : injection directe de vapeur alimentaire dans le produit.
- Ⓒ Chambreur : maintien de la température de stérilisation de 140°C pendant quelques secondes.
- Ⓓ Chambre de détente/flash sous pression réduite avec vaporisation instantanée d'une partie de l'eau du produit et refroidissement simultané de celui-ci à une température de 90°C.
- Ⓔ Condenseur : condensation de la vapeur d'eau évaporée du produit.
- Ⓕ Crémageur : réglage de la consistance du fromage fondu par agitation à chaud.
- Ⓖ Conditionnement du fromage fondu à une température minimale de 70 à 75°C.

III.4.3.2. Homogénéisation

La masse fondue doit être homogénéisée avec des pressions variant entre 5 et 15 mPa.

L'homogénéisation a un certain nombre d'effets (**MEYER A., 1973**) :

- ✚ Amélioration de la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras ;
- ✚ Amélioration de la consistance, de la structure, de l'apparence et de l'onctuosité des spécialités fromagères ;
- ✚ Favorise une dispersion plus fine des globules gras (**WALSTRA P. et JENNESS R., 1984**);
- ✚ Favorise généralement l'épaississement.

Toutefois, du fait de son coût supplémentaire, de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour les produits à teneur élevée en matière grasse (**CARIC M. et KALÁB M., 1993**).

III.4.3.3. Conditionnement

Le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses pour éviter toute recontamination au conditionnement.

Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans les feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermoscellable. Le fromage fondu peut être aussi emballé en tube, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique (**MEYER A., 1973**).

III.4.3.4. Refroidissement

Un refroidissement trop lent peut favoriser le développement de la réaction de Maillard, mais sa vitesse varie en fonction du type du produit ; il doit être rapide pour les fromages fondus à tartiner et pour les spécialités fromagères afin d'interrompre le processus de crémage et conserver au produit une structure courte indispensable à l'obtention d'une tartinabilité satisfaisante. Il doit être lent pour les blocs.

Ce refroidissement peut se faire par circulation des produits sur des tapis à l'air ambiant mais les meilleurs résultats sont obtenus dans des tunnels de refroidissement (**ECK A. et GILLIS J.C., 1997**).

III.4.3.5. Stockage du produit fini

Les produits mis en carton sont stockés dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10 à 15°C et la durée de conservation peut être estimée entre 6 à 12 mois si les conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication sont bien respectées (**ECK A. et GILLIS J.C., 1997**).

A des températures de stockage comprises entre 30 et 35°C, une contamination par les moisissures, les levures et *Clostridium botulinum* pourra survenir ce qui peut mener à une sécrétion des toxines (**KAUTTER D.A. et all 1979 ; ECKNER K.F. et all., 1994**).

III.4.4. Défauts de fabrication

Au cours du processus technologique et pendant le stockage, quelques défauts technologiques peuvent apparaître.

Aspect de la pate	Origines possibles	Remèdes
La pate n'est pas homogène	-Le pH est faible ,et sa valeur dépend de la matière première employée (ex :emmental nécessite un pH plus élevé que le cheddar) -La teneur de sel de fonte est faible -Le temps de cuisson étant court	-Augmenter le pH -Augmenter la dose -Augmenter le temps
Le fromage Fondu liquide	-La matière première utilisée -n'est pas affinée ,n'arrive pas à crémier ou à l'inverse,est trop vieille et ne gonfle pas -Les sels de fonte employés n'étaient pas crémants -Le mélange contient une quantité élevée d'eau	-Mélanger la matière première -jeune avec une autre affinée -Mettre un sel de fonte crémant -Vérifier la qualité d'eau
La pate forme des fils	-L'emploi des sels n'est pas adéquat -Temps de fonte court -Dose de sels de fonte n'est pas exacte -Brassoir d'une vitesse faible	-Augmenter le temps -Augmenter la dose de sels -Augmenter la vitesse des brassoirs
à l'ouverture des pétrins la pate est trop molle	pH élevé	Diminuer le PH
A l'ouverture du pétrin la pate est relativement épaisse	PH faible	Augmenter le pH

<p>Un gout prononcé de fromage</p>	<p>Cela tient dans la plupart des cas, à un emploi élevé du fromage trop vieux où une valeur élevée du pH</p>	<p>-Si c'est possible de mélanger la matière première à un fromage plus jeune -Réduire la quantité des sels de fonte en remplaçant la différence par le citrate de sodium qui masque le gout indésirable</p>
---	---	--

Tableau 19 : Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager (BERGER W. *et all.*, 1993).

III.4.5. Facteurs favorisant la fonte

III.4.5.1. Effet de l'affinage du fromage

Plus le fromage est affiné, plus les protéines sont hydrolysées, plus elles perdent leurs propriétés émulsifiantes. D'où la nécessité de garder une quantité minimale nécessaire de caséine intacte (PATART J.P., 1987).

III.4.5.2. Effet du Ph

Les phases de peptisation (déstructuration) et de restructuration ne sont possibles que dans une gamme de pH comprise entre 5,2 et 6,2. Vers des pH = 5, la capacité émulsifiante des caséines est altérée et ne permet plus d'obtenir l'émulsion (MARCHESSEAU S. *et all.*, 1997).

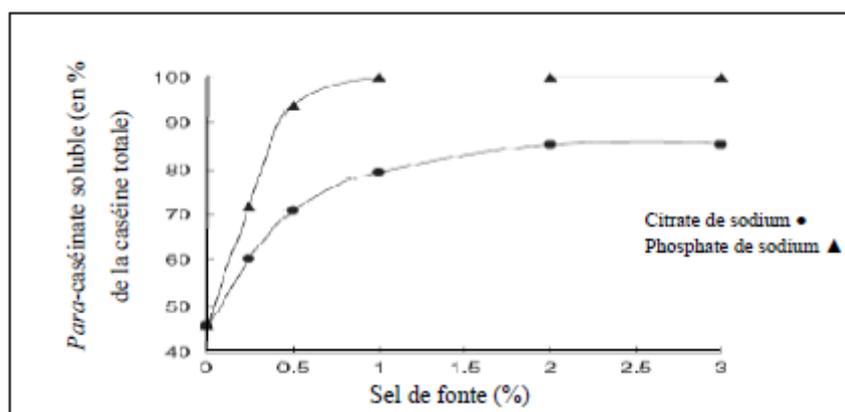
III.4.5.3. Effet des sels de fonte

L'action peptisante ne se traduit pas par une augmentation continue de l'azote non sédimentable (NNS) lorsque la concentration en polyphosphate va en croissant. Il existe une concentration en polyphosphate au-delà de laquelle la valeur de NNS reste presque constante (CAVALIER-SALOU C. et CHEFTEL J.C., 1991).

La capacité peptisante du pyrophosphate est faible. Ceci se traduit par un faible taux de calcium non sédimentable, témoignant du peu de pouvoir chélatant de ce sel vis-à-vis du calcium. Celle de l'orthophosphate est quasiment nulle. Ce sel est susceptible de former des ponts calcium entre les molécules de caséine. (TATSUMI K. *et all.*, 1975), remarquent que l'orthophosphate provoque une association des molécules de caséinate de calcium. (NAKAJIMA L. *et all.*, 1975), pensent que l'orthophosphate réagit préférentiellement avec le calcium colloïdal pour former des sels insolubles.

Pour obtenir une peptisation convenable, il faut que le polyphosphate utilisé contienne au moins 3 atomes de phosphore par molécule ; au-delà, l'influence de la condensation n'est pas sensible (DIMITRELI G. *et all.*, 2005). Par ailleurs, une peptisation suffisante n'apparaît qu'avec la présence de polyphosphates dont le taux de polymérisation est au moins égal au tripolyphosphate dans le mélange de sels de fonte (LEE B.O. *et all.*, 1979).

Figure 3 : Influence de la concentration des sels de fonte sur le pourcentage de NNS (300 000trs/h à 20°C) (CAVALIER-SALOU C. et CHEFTEL J.C., 1991).



III.4.5.4. Effet de la préfonte

Elle permet d'accélérer la cinétique de réaction et stabilise l'émulsion en favorisant les interactions protéines/lipides ; elle est utilisée pour améliorer la texture et la stabilité du fromage fondu (BERGER W. *et all.*, 1993).

III.4.6. Phénomènes biochimiques de la fonte

Les phénomènes biochimiques de la fonte peuvent être résumés en trois phases principales qui sont les suivants :

III.4.6.1. Peptisation

Après avoir broyé finement les matières premières fromagères et des mises en contact avec l'eau et les sels de fonte on assiste au démarrage de l'étape de déstructuration. Les sels de fonte chélatants le calcium lié aux protéines et transforment ainsi le paracaséinate de calcium insoluble en paracaséinate de sodium soluble (LEE B.O. *et all.*, 1979).

Après l'échange du calcium contre du sodium, les chaînes peptidiques sont en partie déroulées et dissociées ; c'est le stade de peptisation (SCHÄFFER B. *et all.*, 2001).

III.4.6.2. Crémage –phase de restructuration

Selon (ÉTIENNE K-M., 1992), l'étape de crémage correspond à un épaississement du produit qui a deux origines :

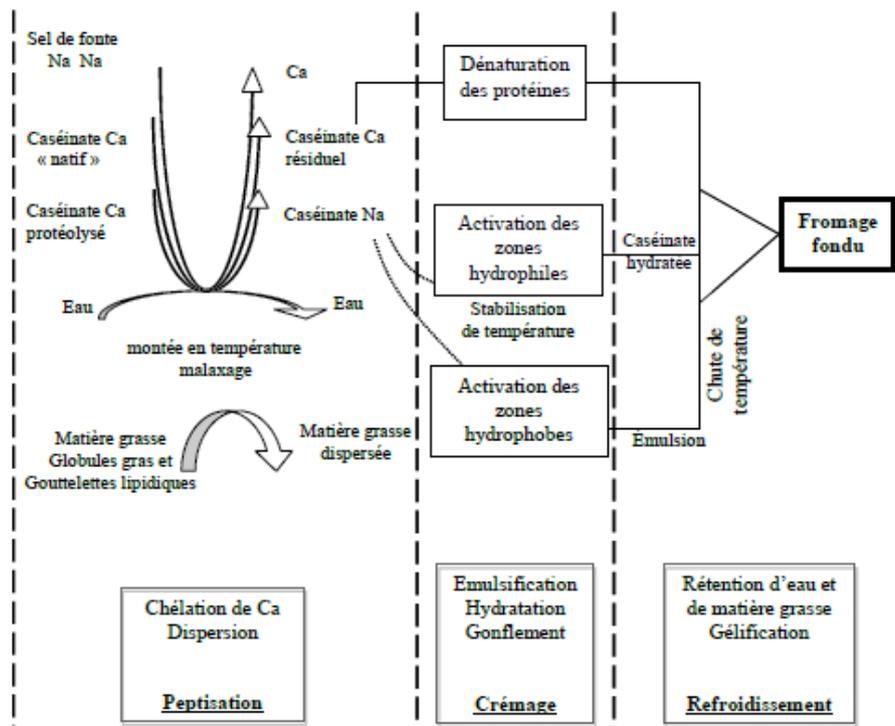
- ✚ La peptisation des protéines, qui permet l'hydratation des chaînes, aboutit à un gonflement du milieu et à une augmentation de la viscosité.
- ✚ Les pyrophosphates de calcium formés au cours du traitement thermique ont une taille qui leur permet de s'insérer entre les chaînes protéiques pour former des liaisons ioniques inter et intra-protéiques ce qui entraîne la gélification du réseau.

La constitution du réseau protéique se fait d'autant plus vite que l'on incorpore de la préfonte; cette dernière (fromage fondu déjà structuré) va conférer au sein du mélange où elle est introduite un modèle favorisant les interactions, ce qui va accélérer la cinétique de restructuration (LEE B.O. *et al.*, 1986).

III.4.6.3. Refroidissement

C'est au cours de cette phase que se produit la gélification. Le réseau protéique formé grâce aux liaisons hydrogènes, hydrophobes et ioniques établies, va se structurer pour former un gel qui va emprisonner fortement la matière grasse émulsionnée ainsi que l'eau d'hydratation (BOWLAND E.L. *et al.*, 2001).

Figure4 : Représentation schématique des phénomènes biochimiques de la fonte (PAQUET D., 1988)



III.5. CONTROLE DE LA QUALITE

III.5.1. Qualité de la matière première

Ces contrôles doivent être réalisés dès l'arrivée des matières premières sur le lieu de fabrication (**BOUTONNIER J.L., 2002**).

- ✚ **Plan physico-chimique** : pH, extrait sec et matière grasse. Il est également souhaitable de réaliser une analyse de la teneur en caséine relative, notamment pour les fromages affinés et de vérifier l'absence de contaminants.
- ✚ **Plan organoleptique** : aspect externe et interne, texture, couleur et flaveur.
- ✚ **Plan bactériologique** : estimation de la charge microbienne initiale en germes totaux et sporulés.

III.5.2. Qualité au cours de fabrication

Aux principales étapes du procédé de fonte, plusieurs paramètres doivent être suivis (**BOUTONNIER J.L., 2002**)

- ✚ **Préparation, dosage** : respect des proportions des ingrédients par contrôle des masses des ingrédients respectifs.
- ✚ **Pré mélange, mélange** : homogénéité de la pâte, mesure du pH et de la teneur en eau et si possible de la teneur en matière grasse.
- ✚ **Cuisson, fonte** : temps et température de fonte, vitesse de brassage.
- ✚ **Stabilisation thermique** : temps et température de pasteurisation ou de stérilisation, temps et température de refroidissement.
- ✚ **Crémage** : temps, température et intensité du brassage, qualité et quantité de préfonte ajoutée.
- ✚ **Conditionnement** : température de conditionnement, absence de fils de fromage, pliage et étanchéité des soudures pour les emballages souples, suivi des masses, de l'étiquetage et du banderolage.
- ✚ **Refroidissement** : temps et température.

III.5.3. Qualité du produit fini

✚ **Présentation** du fromage fondu emballé (contrôle général).

✚ **Emballage** : aspect, étanchéité.

✚ **Produit débarrassé de son emballage:**

- i. *aspect externe* : brillance, couleur, absence de trous, de cristaux, de particules infondues, d'exsudation grasse... ;
- ii. *texture* : consistance par analyse pénétrométrique, tartinabilité ;
- iii. *flaveur* : olfaction, rétro-olfaction et gustation.

✚ **Tests de fonctionnalité** : stabilité à la chaleur, aptitude à la fonte dans différentes conditions (four à air chaud, four à micro-ondes...). Cette liste n'est pas exhaustive, seuls les principaux contrôles qualitatifs ont été mentionnés.

D'autres contrôles sont pratiqués, notamment ceux spécifiques à chaque type de fromage fondu ainsi que tous les contrôles quantitatifs.

Chapitre 2

« Expérimentation et discussions des résultats »

*« Mon bon monsieur, apprenez que tout flateur .Vit aux
dépend de celui qui l'écoute : Cette leçon vaut bien un fromage
, sans doute »*

Jean La Fontaine



INTRODUCTION

Le fromage à pâte fondu est un produit très riche en éléments nutritifs qui peuvent favoriser la croissance de divers micro-organismes surtout dans le cas où l'hygiène et les conditions de fabrication, ainsi que celles du conditionnement ne sont pas respectées c'est pour cette raison qu'on réalise des analyses de contrôle de la qualité de ce type de fromage en question avant la reconstitution.

De ce fait, l'objectif général de notre travail c'est l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique d'une marque de fromage fondu fabriqué et commercialisé en Algérien.

Observation :

❖ La stérilisation du matériel de prélèvement :

Tout le matériel de prélèvement des échantillons doit être parfaitement propre et stérile, afin d'éviter son influence sur les propriétés physico-chimiques, micro-biologiques et sur la composition du produit analysé.

Pour cela le matériel doit être :

- Lavé à l'eau courante pour éliminer les traces des précédents prélèvements,
- Puis brossé, lavé à l'eau contenant une solution détergente (hypochlorite de sodium).
- Rincé à l'eau de robinet et finalement par l'eau distillée,
- Après séchage le matériel sera stérilisé dans un auto clave à l'air humide à 134° C.

Première partie : Analyse Bactériologique / Microbiologique du « Fromage fondu »

Objectif :

L'objectif des analyses microbiologiques est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de micro-organismes, indicateurs d'un ou de plusieurs problèmes rencontrés lors du procédé de fabrication ou susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine lors de la mise sur le marché.

I. Matériels et méthodes (voir Annexe 4)**II. L'échantillonnage**

Introduire et diluer aseptiquement 25 g de l'échantillon du fromage fondu choisi, qui constitue l'unité d'analyse dans un sachet stérile, contenant au préalable 225 ml de dilution **EPT (Eau Peptonée Tamponnée)**, qui va permettre de revitaliser les microorganismes présents. Sceller ensuite ce sachet pour qu'il puisse être utilisé dans le stomacker. Cet appareil, par une action mécanique, va assurer le broyage et l'omogénéisation, afin d'obtenir une solution mère à la dilution 10^{-1} par rapport au produit de départ.

III. Les germes recherchés pour cette denrée et leurs dénombrements :

L'objectif de cette partie d'étude est d'évaluer la qualité microbiologique du fromage fondu. D'une manière spécifique il s'agira de rechercher et dénombrer des germes recherchés dans le produit carné « fromage fondu », et qui sont :

✚ Les bactéries témoins de contamination fécale :

- Les coliformes totaux ;
- Les coliformes fécaux ;
- Les staphylococcus aureus;
-

III.1. Dénombrement des Coliformes totaux :***III.1.1. Rappel***

Les coliformes totaux se définissent comme des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet. Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau).

III.1.2. Principe

Numération des colonies caractéristiques des coliformes totaux qui se sont développées en 24 h à 30°C dans le produit carné, sur gélose VRBL puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes totaux.

III.1.3. Mode opératoire

- ✚ L'opération s'effectue à proximité d'une flamme ;
- ✚ Porter aseptiquement 1ml de la dilution 10^{-1} , à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose **VRBL** préalablement liquéfié et refroidit à $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- ✚ Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout ;
- ✚ Laisser solidifier le mélange sur une pailasse ;
 - Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 ml de la même gélose : cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations ;
- ✚ laisser solidifier à nouveau ;
- ✚ La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 30°C pour la recherche des coliformes totaux ;
- ✚ La recherche des coliformes totaux se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur double couche : on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture **VRBL**, après que la gélose soit à peu près solide on rajoute une seconde couche de gélose. Cette méthode à pour but d'éviter que les colonies s'étalent. Ce qui permet un meilleur dénombrement.

III.1.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ **Les coliformes totaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge et foncé et de 0.5 mm de diamètre, ou plus et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.**
- ✓ **Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / ml du produit.**

III.2. Dénombrement des Coliformes fécaux :**III.2.1. Rappel**

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet, capable de se développer à 44 °C en moins de 24 h se qui les distingue des coliformes totaux, ces bactérie apparaissent toujours en grandes quantités dans les déjections animales et humaines et ne se trouve qu'exceptionnellement dans les sols et les eaux qui n'ont pas été l'objet d'une pollution fécale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a contamination récente ou constante.

III.2.2. Principe

Numération des colonies caractéristiques des coliformes fécaux qui se sont développées en 24 h à 44°C dans le produit carné, sur gélose VRBL puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes fécaux.

III.2.3. Mode opératoire

- ✚ L'opération s'effectue à proximité d'une flamme ;
- ✚ Porter aseptiquement 1ml de la dilution 10^{-1} , à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose **VRBL** préalablement liquéfié et refroidit à $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- ✚ Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout ;
- ✚ Laisser solidifier le mélange sur une paillasse ;
 - Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 ml de la même gélose : cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations ;
- ✚ laisser solidifier à nouveau ;
- ✚ La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 44°C pour la recherche des coliformes fécaux ;
- ✚ La recherche des coliformes fécaux se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur double couche : on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture **VRBL**, après que la gélose soit à peut près solide on rajoute une seconde couche de gélose. Cette méthode à pour but d'éviter que les colonies s'étalent. Ce qui permet un meilleur dénombrement.

III.2.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ Les coliformes fécaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge et foncé et de 0.5 mm de diamètre, ou plus et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.
- ✓ Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / ml du produit.

III.3. Dénombrement des *Staphylococcus aureus* :

III.3.1. Rappel

Staphylococcus aureus est une coccobactérie Gram positif, catalase positive, ce dernier a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 μm , non sporulé, immobile et facultativement anaérobique, qui fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau.

Staphylococcus aureus est une bactérie à l'origine de nombreuses infections ou intoxications alimentaires.

III.3.2. Principe

Avec la dilution initiale 10^{-1} , on ensemence en surface de gélose Baird Parker précoulée en boîte de pétri à l'avance.

Après une incubation de 48 h à 37 °C, les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques apparues sont dénombrées dans le produit carné « fromage fondu ».

III.3.3. Mode opératoire

Par cette méthode, les *Staphylococcus aureus* fait l'objet d'une recherche et dénombrement sur le milieu Baird Parker.

- ✚ Sécher la boîte de gélose dans une étuve à $46 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$ jusqu'à disparition complète des gouttelettes à la surface du milieu (couvercle enlevé et surface de la gélose tournée vers le bas) ;
- ✚ Homogénéiser la dilution décimale 10^{-1} avant inoculation à la surface de la boîte gélosée ;
- ✚ Déposer ensuite 0.1 ml, de la suspension mère réalisée préalablement (dilution décimale 10^{-1}), à la surface de la gélose Baird Parker ;

- ✚ Etaler, par la suite, soigneusement la dilution, et le plus rapidement possible sans toucher les bords de la boîte à l'aide d'une pipette stérile (pipette râteau) ;
- ✚ Laisser la boîte, couvercle fermé, pendant 15 minutes à température ambiante ;
- ✚ Incuber à l'étuve pendant 48 h à 37 °C ;
- ✚ La recherche des *Staphylococcus aureus* se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface où son principe est de couler déjà le milieu qu'on laisse refroidir, puis d'étaler la solution à l'aide d'un étaleur stérile, comme il l'a été soigneusement explicité précédemment.

III.3.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ Les colonies caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires ou grises, brillantes et convexes dont le diamètre est au minimum de 1 mm et au maximum de 2.5 mm entourées d'un halo d'éclaircissement et de précipitation.
- ✓ Les colonies non caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires et brillantes avec ou sans bord blanc étroit avec des halos d'éclaircissement et de précipitation absents ou à peine visibles. Elles peuvent être grises dépourvues de zone claire.
- ✓ Les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques sont dénombrés manuellement, si la boîte contient moins de 10^2 de colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques selon la norme, alors cette dernière est retenue.

Deuxième partie : Analyse physico-chimique du « Fromage fondu »

Objectif :

Les analyses physico-chimiques contribuent à la protection du consommateur pour tous les paramètres qui n'entraînent pas de modifications visibles des caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas détectable visuellement).

Notre analyse physico-chimique est basée sur la détermination de la teneur en extrait sec, ainsi que la teneur en matière grasse totale, et enfin, la mesure du pH.

I. Matériels utilisés (Voir Annexe 4)

II. Détermination de l'extrait sec

L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation de 5g d'échantillon « Fromage fondu » à l'étuve à la température de $105 \pm 3^\circ\text{C}$, pendant $4\text{h} \pm 10\text{ min}$. Cette teneur, exprimée en g

de matière sèche pour 100g de fromage, est calculée selon la formule suivante (**voir Annexe 5**).

$$ES (\%) = (M - m) \cdot 100 / E$$

Avec :

m: Poids d'une capsule de 28g de sable après sa sortie de l'étuve.

M: Poids d'une capsule de 28g de sable avec 5g de l'échantillon émiété avant dessiccation à l'étuve.

E : la masse en gramme de la prise d'échantillon (5g).

III .Détermination de la teneur en matière grasse

La méthode est basée sur la méthode acido-Butyrométrique de Van Gulik.

III.1. Principe :

Après dissolution des protéines du fromage 1g par addition d'acide sulfurique 10 ml, la matière grasse a été séparée par centrifugation dans un butyromètre de Van Gulik. Cette séparation est favorisée par addition d'une petite quantité d'alcool isomylique 1 ml. La matière grasse est obtenue, en gramme par 100 grammes de fromages, par lecture directe sur l'échelle du butyromètre, si aucune correction n'est nécessaire.

III.2 .Mode opératoire :

1 g de l'échantillon émiété sont introduits dans des godets en verre préalablement tarés. L'acide sulfurique (masse volumique = 1.522 g/ml) est par la suite ajouté par l'ouverture de la tige du butyromètre (en ayant soin de ne pas mouiller son col jusqu'à ce que son niveau dépasse le godet de 2 mm environ).

Le butyromètre, le col en bas, est placé pendant 10 mn dans un bain-marie à $65 \pm 2^\circ\text{C}$, et ensuite retiré du bain en position verticale, le col en bas.

Il est par la suite agité énergétiquement suivant le plan horizontal pendant 10 secondes en évitant que les particules de fromage ne pénètrent dans sa tige. Ce dernier est placé de nouveau dans le bain-marie chaud et cette opération est répétée plusieurs fois jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai (1h).

Une fois que le butyromètre est retiré du bain marie, on introduit 1 ml d'alcool isoamylique à l'aide d'une pipette. L'acide sulfurique dilué, est ajouté par la suite jusqu'au trait de 35 de la graduation. Le butyromètre, col en bas, est bouché et placé de nouveau dans le bain-marie chaud pendant 5 mn.

Après 5 mn de centrifugation, bouchon est retiré du bain, le bouchon du butyromètre est ajusté de façon à faire coïncider le plan inférieur de la matière grasse avec une division principale de l'échelle graduée.

La lecture doit être effectuée en 10 secondes, sinon le butyromètre est replongé dans le bain d'eau pendant 5 mn pour une seconde lecture.

II.3. Expression des résultats :

La teneur en matière grasse (MG), exprimé en gramme pour cent gramme de fromage est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{MG\ (\%) = B - A}$$

Avec :

A : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de MG ;

B : la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de MG.

I. Détermination de pH

III.1. Définition

La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications quelle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité. On détermine le pH à l'aide de pH-mètre. L'électrode de référence pour la mesure de

la concentration en ions H⁺ (donc du pH) est l'électrode à l'hydrogène. Celle-ci en platine, spécialement traitée est immergée dans la solution dont le pH doit être mesuré.

III.2. Mode opératoire :

Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode combinée, placée 30 s au contact d'un broyat de 1g de fromage fondu dans 9 ml d'eau distillée.

Troisième partie : Résultats obtenus de l'analyse microbiologique et physico-chimique du « Fromage fondu »

I. Résultats obtenus de l'analyse microbiologique du « Fromage fondu »

<i>Bactérie</i>	<i>Milieu de culture</i>	<i>T° d'incubation</i>	<i>Temps d'incubation</i>	<i>Résultats</i>	<i>Norme</i>	<i>Référence</i>
Coliformes totaux	<i>V.R.B.L</i>	<i>30°C</i>	<i>24h</i>	<i>Négative (Abs)</i>	<i>10²</i>	Journal officiel N°5 27 mai 1998
Coliformes fécaux	<i>V.R.B.L</i>	<i>44°C</i>	<i>24h</i>	<i>Négative (Abs)</i>	<i>10</i>	Journal officiel N°5 27 mai 1998
Staphylococcus aureus	<i>B.P</i>	<i>37°C</i>	<i>48h</i>	<i>Négative (Abs)</i>	<i>10²</i>	Journal officiel N°5 27 mai 1998

Tableau 20 : Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du« Fromage fondu »

II. Résultats obtenus de l'analyse physico-chimique du « fromage fondu »

II.1. Résultat de la teneur en extrait sec du « fromage fondu » :

➤ Mode de calcule et formule :

La teneur en extrait sec de l'échantillon est égale à :

$$ES (\%) = (M - m) \times 100 / E$$

Avec :

m: Poids d'une capsule de 28g de sable après sa sortie de l'étuve.

M: Poids d'une capsule de 28g de sable avec 5g de l'échantillon émiété avant dessiccation à l'étuve.

E : la masse en gramme de la prise d'échantillon (5g).

➤ Application numérique :

- Poids de la capsule vide $m = 28.4865$
- Masse en gramme de la prise d'échantillon $E = 5.0283$ (g)
- Poids de la capsule avec le résidu sec $M = 31.2500$

$$ES = (31.2500 - 28.4865) \times 100 / 5.0283$$

$$ES = 0.54958 \times 100$$

$$ES = 54.96\%$$

L'extrait sec est conforme en comparaison aux normes du Journal officiel N°54. 30 aout 2000.

II.2. Résultat de la teneur en matière grasse du « fromage fondu » :

➤ Mode de calcule et formule :

La teneur en matière grasse totale de l'échantillon est égale à :

$$\mathbf{MG (\%) = B-A}$$

Avec :

A : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de MG ;

B : la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de MG.

➤ Application numérique :

$$MG = (B-A) \times 10$$

$$MG = 1.4 \times 10$$

→ On multiplie par 10 (le volume d'eau de la dilution : volume d'eau = 10 ml)

$$MG = 14\%$$

La matière grasse totale est conforme en comparaison aux normes du Journal officiel N°54. 30 aout 2000.

II.3. Résultat du rapport matière grasse et extrait sec du « fromage fondu » :

➤ Mode de calcule et formule :

$$G/S (\%) = MG / ES$$

Avec :

G/S : rapport matière grasse et extrait sec du « Camembert » exprimé en (%)

MG : teneur en matière grasse du « Camembert » exprimé en (%)

ES : teneur en extrait sec du « Camembert » exprimé en (%)

➤ Application numérique :

$$G/S = MG / ES$$

$$G/S = 14 / 54.96$$

$$G/S = 25.47\%$$

Le rapport G/S est conforme en comparaison aux normes spécifiques au « fromage fondu ».

<i>Détermination</i>	<i>Résultats</i>	<i>Norme</i>	<i>Référence</i>
G/S	25.47 %	Max 40%	Journal officiel N°54. 30 aout 2000

Tableau21 : résultats du rapport G/S

II.4. Résultat de la mesure du PH du « fromage fondu » :

➤ Mode de mesure :

Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode combinée, placée 30 s au contact d'un broyat de 1g de fromage « Camembert » dans 9 ml d'eau distillée.

➤ Lecture :

PH = 6.41

La mesure du PH est conforme en comparaison aux normes.

Quatrième partie : Discussion des résultats obtenues de l'analyse microbiologique et physico-chimique de « fromage fondu »

I. Discussion de l'analyse microbiologique de « fromage fondu »

Les analyses microbiologiques permettent de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit.

Il convient donc de s'assurer, par des tests microbiologiques, que le produit va être sain et de bonne qualité marchande tout au long de sa durée de vie.

Notre analyse microbiologique a montré une absence totale des germes recherchés tel que la Les coliformes totaux et fécaux, les staphylococcus aureus, dans les différents milieux de culture et à une T° qui diffère selon le temps d'incubation.

- Donc, notre produit est de qualité microbiologique satisfaisante concernant tous les germes recherchés et ceci conformément à l'arrêté interministériel n°35 du 24/01/98 du journal officiel.

II. Discussion de l'analyse physico-chimique de « fromage fondu »

L'analyse physico-chimique est un outil important dans le processus qui consiste à mettre à la disposition du consommateur des produits sains et loyaux.

Ces analyses permettent de vérifier :

- ✚ la composition des produits (loyauté de la transaction commerciale),
- ✚ les fiches techniques du produit,
- ✚ le respect des normes et des dispositions réglementaires,

Notre analyse physico-chimique a précisé que le produit est conforme pour les déterminations effectuées conformément à l'arrêté interministériel n°54 du 24/07/2000 (journal officiel), vu les différentes valeurs d'analyse accomplies, tel que la matière grasse totale pour une valeur de 14% , la teneur en extrait sec pour une valeur de 54.96%, le PH pour une valeur de 6.41, ainsi

que le rapport MG/ES pour une valeur de 25.47% qui rentre largement dans le seuil de la norme fixé à 40%.

Conclusion :

D'après les résultats d'analyse microbiologique, physico-chimique obtenues, on peut dire que notre produit est de haute qualité alimentaire et sanitaire, propre à la consommation et répond aux normes internationales.

Conclusion générale

Le fromage fondu connaît depuis plusieurs années un important développement, dû à la fois à des qualités de goût et de conservation qui plaisent à une certaine clientèle et à la présentation de nouvelles formes attrayantes. Sur le plan de l'évaluation et de la connaissance scientifique des phénomènes, malgré une expérience des fabrications qui remonte à un demi-siècle environ, il faut reconnaître qu'il y a encore beaucoup de zones d'ombre, par suite de la rareté des recherches biochimiques et physicochimiques approfondies. De ce fait, notre travail s'est articulé autour de deux axes de recherche :

- le premier concerne la technologie du lait et du fromage et plus particulièrement notre produit carné qu'est le fromage fondu qu'est un produit alimentaire de seconde transformation obtenu après mélange et cuisson de fromages, additionnés éventuellement d'autres ingrédients laitiers.
- En la seconde phase, nous nous sommes intéressés à l'activité du laboratoire dans le cadre du contrôle de la qualité du produit « fromage fondu » en réalisant des analyse microbiologique (dénombrement de certains germes tels que : *Les coliformes totaux et fécaux*; *Les Staphylocoques aureus*) et physico-chimique (en évaluant la teneur en humidité, densité, acidité lactique, matière grasse, ainsi que le PH) de ce dernier.

De ces analyses on en tire :

- Du point de vu microbiologique que le produit carné est de qualité microbiologique satisfaisante avec une absence totale des germes recherchés et ceci conformément à l'arrêté interministériel n°35 du 24/01/98 JO.
- Ainsi, que les analyses physicochimiques démontrent que la teneur en extrait sec de ce produit est égale à 54.96 % et de la matière grasse égale à 14 %, d'où la conformité du rapport matière grasse et extrait sec égale à 25.47 % en comparaison avec la norme égale à 40 % , et un PH à 6.41

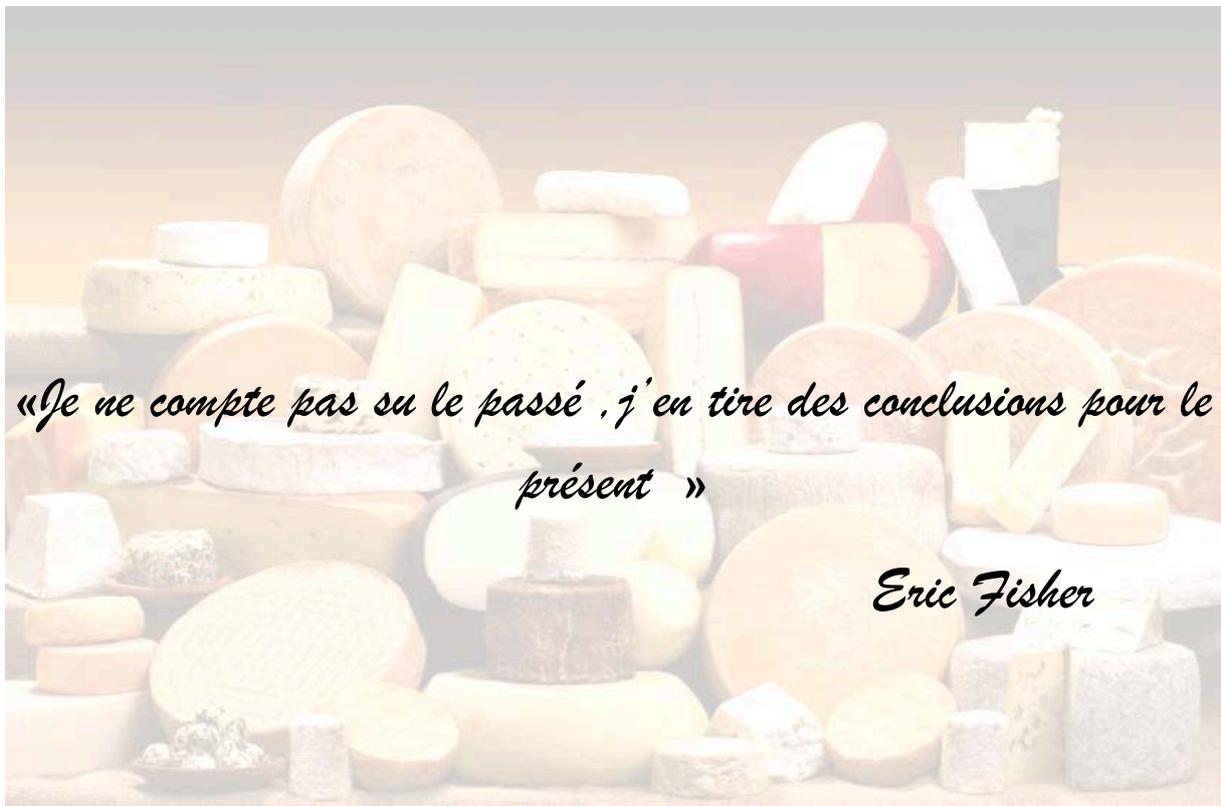
Notre analyse physico-chimique a précisé alors que le produit est conforme pour les déterminations effectuées conformément à l'arrêté interministériel n°54 du 24/07/2000 (journal officiel).

De l'ensemble de ces résultats on peut dire que notre produit est de haute qualité, et cela est dû aux procédés stricts et professionnels appliqués sur tous les niveaux de la chaîne de fabrication, et aux conditions d'hygiène respectées.

Annexes



Conclusion Générale



« Je ne compte pas sur le passé, j'en tire des conclusions pour le présent »

Eric Fisher



Annexe 1 : Les étapes de fabrication du fromage
(Coagulation, égouttage, salage, affinage)



Coagulation



Egouttage



Salage



Affinage

Annexe 2 : Les grandes familles du fromage



		
<p>Fromage frais</p>	<p>Fromage à pâte pressée</p>	<p>Fromage à pâte dure</p>
		
<p>Fromage à pâte filées</p>	<p>Fromage fondu</p>	<p>Fromage à pâte molle</p>

Marque de fromages commercialisés

Annexe 3 : Fromage fondu



Marque de fromages fondus commercialisés en Algérie

Annexe 4 : Matériels et milieux de cultures

1. Analyse microbiologique

Différents milieux de cultures utilisés pour les analyses microbiologiques :

a) GELOSE VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar)

La gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) est un milieu sélectif utilisé pour la recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau, le lait, les produits laitiers et les autres produits alimentaires tels que les viandes et les produits à base de viande.

b) GELOSE Baird-Parker (Milieu Baird Parker)

C'est un milieu différentiel modérément sélectif servant à l'isolement et à l'énumération des *Staphylococcus aureus* issus d'échantillons alimentaires, environnementaux et cliniques, ce

dernier contient une base nutritive riche, il contient des accélérateurs de la croissance : le pyruvate de sodium et le glyco-colle.

c) GELOSE EPT (Eau Peptonée Tamponnée)

- ✓ Pour la préparation des suspensions mères de laits en poudre et concentrés, de yaourts, de produits laitiers, de produits d'origine animale et d'autres produits alimentaires ;
- ✓ Egalement utilisé pour le pré-enrichissement préalable aux phases d'enrichissement sélectif et d'isolement des salmonelles en permettant notamment de revivifier les microorganismes ayant subi des traitements sublétaux ;
- ✓ Utilisé comme milieu de suspension et de revivification pour le dénombrement des *Listeria monocytogenes* ;
- ✓ Aussi employé pour effectuer les dilutions en vue de l'examen microbiologique.

Composition (g) pouvant être modifiée pour 1 litre de milieu :

Composants	Concentrations
Mélange de péptones	10.0g/litre
Chlorure de sodium	5.0g/litre
Hydrogénophosphate disotique	3.5g/litre
Hydrogénophosphate de potassium	1.5g/litre
pH final :7.2±0.2	

Tableau 14 : composition de l'eau peptone tamponné

Différents matériels utilisés pour les analyses microbiologiques :

- ✓ Pipettes graduées 10 ml, 1 ml ;
- ✓ Tubes à essais en verre de 25 ml ;
- ✓ Flacon de verre de 500 ml et 250 ml ;
- ✓ Boîtes de pétri ;
- ✓ Etuves de 30° C, 37° C, 44° C (HERAEUS) ;
- ✓ Autoclave au tester -G ;
- ✓ Agitateur électromagnétique ;
- ✓ Petits sacs en plastique stérilisés ;

- ✓ Gants stérilisés ;
- ✓ Capsule cylindrique en verre et son couvercle ;
- ✓ Sonde stérile (Spatule stérile) ;
- ✓ Bec Bunsen ;
- ✓ Flacon pour milieu de culture ;
- ✓ Dessiccateur.

2. Analyse physico-chimique

Différents matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques :

- ✓ Electrode combinée ;
- ✓ Centrifugeuse ;
- ✓ Butyromètre (GERBER) ;
- ✓ Pipettes de 1 ml, 2 ml, 5 ml, 11 ml ;
- ✓ Eprouvettes, burettes, béciers entonnoir, fioles ;
- ✓ Minis burette ;
- ✓ Balance analytique ;
- ✓ Erlenmeyer de 225ml;
- ✓ Lactodensimètre ;
- ✓ Acidimètre Dornic ;
- ✓ Agitateur;
- ✓ Baguette en verre;
- ✓ Conductivimètre;
- ✓ Turbidimètre.

Annexe 5 : Mode opératoire pour trouver l'extrait sec du fromage

